

**ELABORAÇÃO DE UMA FERRAMENTA UTILIZANDO
SISTEMAS DINÂMICOS DE MODELAGEM PARA O
ESTÍMULO DA VISÃO SISTÊMICA DE CONCEITOS
RELACIONADOS À CONSTRUÇÃO CIVIL NO BRASIL**

ABDALA CARIM NABUT NETO

**TESE DE DOUTORADO EM
ESTRUTURAS E CONSTRUÇÃO CIVIL**

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E
AMBIENTAL**

**FACULDADE DE TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**

**ELABORAÇÃO DE UMA FERRAMENTA
UTILIZANDO SISTEMAS DINÂMICOS DE
MODELAGEM PARA O ESTÍMULO DA VISÃO
SISTÊMICA DE CONCEITOS RELACIONADOS
À CONSTRUÇÃO CIVIL NO BRASIL**

ABDALA CARIM NABUT NETO

TESE DE DOUTORADO EM ESTRUTURAS E CONSTRUÇÃO CIVIL

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

FACULDADE DE TECNOLOGIA

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

E.TD – 004A/15

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

**ELABORAÇÃO DE UMA FERRAMENTA UTILIZANDO
SISTEMAS DINÂMICOS DE MODELAGEM PARA O ESTÍMULO
DA VISÃO SISTÊMICA DE CONCEITOS RELACIONADOS À
CONSTRUÇÃO CIVIL NO BRASIL**

ABDALA CARIM NABUT NETO

**TESE SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E
AMBIENTAL DA FACULDADE DE TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE
BRASÍLIA COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A
OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTOR EM CONSTRUÇÃO CIVIL**

APROVADA POR:

Prof^a. Dr^a. Michele Tereza Marques Carvalho (PECC-UnB)
(Orientadora)

Prof. Dr. Maurício Moreira e Silva Bernardes (UFRGS)
(Examinador Externo)

Prof. Dr. Flávio Roldão de Carvalho Lelis (IFTO)
(Examinador Externo)

Prof^a. Dr^a. Rosa Maria Sposto (ENC - UnB)
(Examinadora Interna)

Prof. Dr. André Luiz Aquere de C. e Souza (ENC - UnB)
(Examinador Interno)

BRASÍLIA/DF, 19 DE NOVEMBRO DE 2015

FICHA CATALOGRÁFICA

NABUT NETO, ABDALA CARIM

Elaboração de uma ferramenta utilizando sistemas dinâmicos de modelagem para o estímulo da visão sistêmica de conceitos relacionados à construção civil no Brasil. [Distrito Federal] 2015.

xix, 273 p., 210 x 297 mm (ENC/FT/UnB, Doutor, Construção Civil, 2015).

Tese de Doutorado – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia.

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

1. Visão sistêmica

2. Construção civil predial

3. Sistema dinâmico de modelagem

4. Ferramenta

I. ENC/FT/UnB

II. Título (série)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

NABUT NETO, ABDALA C. (2015). Elaboração de uma ferramenta utilizando sistemas dinâmicos de modelagem para o estímulo da visão sistêmica de conceitos relacionados à construção civil no Brasil. Tese de Doutorado em Construção Civil. Publicação E.TD-004A/15, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 273p.

CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Abdala Carim Nabut Neto

TÍTULO: Elaboração de uma ferramenta utilizando sistemas dinâmicos de modelagem para o estímulo da visão sistêmica de conceitos relacionados à construção civil no Brasil.

GRAU: Doutor ANO: 2015

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta tese de doutorado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte dessa tese de doutorado pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

Abdala Carim Nabut Neto
Brasília - DF- Brasil
E-Mail: carimnabut@hotmail.com

Dedicatória.

Dedico este trabalho ao meu pai, Marcos Nabut, por todos os seus ensinamentos, apoio e amor.

AGRADECIMENTOS

A Deus por conseguir alcançar mais um objetivo de vida que é a realização do Doutorado em Construção Civil na Universidade de Brasília (UnB).

Ao meu pai, Marcos Nabut, pelo apoio e amor incondicional. Meu maior exemplo de competência profissional, honestidade, liderança, personalidade, força de vontade, garra, otimismo, inteligência e carinho. Obrigado por toda paciência e por todos os seus ensinamentos. A todos os meus familiares, em especial meu avô Abdala Carim Nabut, minha avó Elza Guimarães Nabut, e minha tia Márcia Nabut por todo o apoio e incentivo. A minha “mãedrastra” tia Giovana Horta Barreto Nabut por toda paciência que sempre teve comigo na infância, adolescência, “aborrescência” e demais fases da minha vida.

A minha orientadora Professora Michele Tereza Marques Carvalho pela disponibilidade, dedicação, comprometimento e incentivo na orientação deste trabalho. Gostaria de agradecer também a oportunidade de substituí-la nas disciplinas de Planejamento e Controle de Construções e Materiais de Construção Experimental na UnB.

A Professora Rosa Maria Sposto por todo o apoio, positividade, alegria e incentivo de sempre. Ao PECC pela vaga concedida no programa de doutorado e aos professores do PECC, em especial, Professor Elton Bauer por ter sedimentado conhecimentos extremamente importantes sobre Sistemas de Revestimentos e Tecnologia Avançada do Concreto e por todo o apoio desde o início do doutorado. Ao Professor Luciano Bezerra pelas excelentes aulas de Métodos Matemáticos para Engenharia e Estruturas Metálicas. Aos professores Antônio Nepomuceno e José Luis Vital de Brito que contribuíram com inúmeros conhecimentos importantes durante o doutorado.

A Eva Veloso por desempenhar muito bem suas atividades como secretária do PECC contribuindo para o bom andamento das atividades diárias dos alunos e professores do programa.

Ao Professor João Henrique da Silva Rêgo por todo o auxílio durante minha experiência como professor substituto da UnB além de todo incentivo e colaboração sempre positiva e animadora.

Aos Professores João Carlos Teatini de Souza Clímaco, Dickran Berberian e Lenildo Santos da Silva pela participação no questionário desta pesquisa. Aos profissionais: Braz José da Silva, Merval Rebelo Filho, Bruno Isac Silva, André Jorge Tozetto dos Santos, Bruna Gonçalves Rodrigues, Laszlo Piquet e Murillo de Aragão também pela participação no questionário desenvolvido neste trabalho. Aos alunos da UnB que também participaram desta pesquisa.

Ao Professor Maurício Bernardes pelo apoio, animação e incentivo na criação do site, parte integrante desta tese, durante o MBA em Gestão de Negócios Imobiliários e da Construção Civil na Fundação Getúlio Vargas (FGV).

Ao meu amigo Tomas Tenório de Paiva Torres por todo o auxílio jurídico nesta tese e pela amizade de longos anos. Um grande abraço e muito obrigado por tudo. Ao meu amigo e programador Alexandre Benkendorf pela paciência e dedicação ao projeto durante todos esses meses de trabalho e desenvolvimento. Ao meu amigo Laszlo Piquet pela indicação do programador capaz de atender as necessidades do meu projeto. Aos meus amigos Nelsinho e Pedro Piquet pelo auxílio inicial nas redes sociais. Aos amigos da UnB: Ramon, Henrique, Iuri, Sebastião, Marcus, Uchôa, Urubatan, Elaine, Jorge, Sara, Patrícia, Dyorgge, Ádria, Fábio, Hernane, Mariana, Wallison, Alejandro e Antônio Carlos pela ótima amizade desenvolvida ao longo dos anos de mestrado e doutorado na UnB. A todos os amigos e professores da Fundação Getúlio Vargas (FGV) em Brasília, obrigado pelo apoio.

Aos meus amigos do peito que sempre me motivaram: Nasser Shawqi, Cecin Sarkis, Lucas Aragão, Pedro Moraes, Ricardo Fenelon, Tito Barroso, Estevam Fregapani, Marcus Sarney e Victor Cherulli. Viva o SNP!

Ao Senador Cristovam Buarque pelo apoio no projeto e incentivo constante ao tema de Educação no Brasil. Aos revisores do texto final desta tese: tia Giovana Horta Barreto Nabut e Dr. Antônio Alves Ferreira.

A todos os meus amigos e familiares que sempre me motivaram e incentivaram.

“Os sonhos existem para tornarem-se realidade.”
Walt Disney

“Have the courage to follow your heart and intuition.
They somehow know what you truly want to become.”
Steve Jobs.

RESUMO

ELABORAÇÃO DE UMA FERRAMENTA UTILIZANDO SISTEMAS DINÂMICOS DE MODELAGEM PARA O ESTÍMULO DA VISÃO SISTÊMICA DE CONCEITOS RELACIONADOS À CONSTRUÇÃO CIVIL NO BRASIL.

Autor: Abdala Carim Nabut Neto, MSc.

Orientadora: Michele Tereza Marques Carvalho, DSc.

Programa de Pós-graduação em Construção Civil

Brasília, Novembro de 2015

A indústria da construção civil é composta por uma complexa cadeia produtiva que abrange diversos setores industriais e prestadores de serviços. Para um desempenho mais eficiente nessa área é necessário que os profissionais tenham uma visão sistêmica sobre os principais procedimentos e passos envolvidos em uma construção predial, por exemplo. Este trabalho apresenta uma ferramenta desenvolvida para melhoria da visão sistêmica de conceitos relacionados à construção civil predial no Brasil buscando uma integração de diferentes fontes para auxiliar a aprendizagem construtivista de forma indutiva. A ferramenta foi criada utilizando uma abordagem de sistemas dinâmicos de modelagem (*system dynamics modeling* – SDM) e do *design science research* (DSR) com base em uma Estrutura Analítica de Projeto (EAP) proposta nesta pesquisa. Baseando-se neste conjunto teórico, desenvolveu-se o aplicativo: o *website* www.construcaocivil.info. Demonstrou-se, então, o uso para cada atividade na EAP proposta (1ª) e também para uma etapa específica (2ª) da EAP (Ensaio de Laboratório), tendo como referência o curso de graduação em Engenharia Civil da Universidade de Brasília (UnB). Classificou-se a primeira como visão sistêmica global (macro) e a segunda como visão sistêmica pontual (micro). Para o levantamento de dados, tomou-se como base a literatura nacional e internacional, além de pesquisas realizadas utilizando um conjunto de redes sociais e canais criados para substanciar essa pesquisa. Destacam-se como método principal de pesquisa os diferentes estudos exploratórios realizados pelo autor. A junção de conceitos de sistemas dinâmicos de modelagem (SDM) com o *design science research* (DSR) mostrou ser útil para a construção do *website* desenvolvido neste trabalho. Além disso, a união de diferentes redes sociais, o registro de um canal de divulgação de conteúdo audiovisual conectados ao *website*, a avaliação do artefato por profissionais e estudantes e a medição de estatísticas geradas pelo aplicativo por meio do *Google Analytics* ajudaram na formação de um ambiente informal de *e-learning*. Por fim, a ferramenta criada neste trabalho vem incrementar o banco nacional de dados de obras brasileiras e estrangeiras, que pode servir para estudos futuros para outras áreas das engenharias e também outras áreas do conhecimento. O trabalho contribui para melhorar a solução de problemas relacionados à compreensão de conceitos e divulgação de informações relacionadas à construção civil predial no Brasil sob a ótica da visão sistêmica.

Palavras-chave: visão sistêmica, *system dynamics modeling*, *design science research*, estrutura analítica de projetos, ferramenta, informação, construção civil.

ABSTRACT

DEVELOPMENT OF A TOOL USING SYSTEM DYNAMICS MODELING TO STIMULATE THE SYSTEMIC VISION OF CONCEPTS RELATED TO CIVIL CONSTRUCTION IN BRAZIL.

Author: Abdala Carim Nabut Neto, MSc.

Supervisor: Michele Tereza Marques Carvalho, DSc.

Graduate Program in Civil Construction

Brasilia, November 2015

The civil construction industry is composed of a complex productive chain that covers several industrial sectors and service providers. For a better performance in this sector, professionals are required to have a systemic vision of the main procedures and steps involved in the construction of a building, for instance. This project presents a tool developed to improve the systemic vision of concepts related to building construction in Brazil seeking the integration of different sources to help constructivist learning in an inductive way. The tool was created using an approach of system dynamics modeling (SDM) and *design science* research (DSR) based on a Work Breakdown Structure (WBS) proposed in this research. Based on these theories, the tool was developed: the www.construcaocivil.info website. The artifact was demonstrated for each activity in the WBS proposal (1) and also for a particular activity in the proposed WBS (2 - laboratory tests) using as main reference the Civil Engineering course at the University of Brasilia (UnB), classifying the first demonstration as global systemic vision (macro) and the second demonstration as a point systemic vision (micro). For data collection the national and international literature were taken as a basis as well as surveys conducted using a set of social networks and channels created to substantiate this research. Moreover, the union of concepts relating system dynamics modeling (SDM) and *design science* research (DSR) was efficient in the construction of the website developed in this project. Also, the combination of different social networks, *on line* channel linked to the website, evaluation of the artifact by professionals and students and statistics measured using *Google Analytics* enhanced the informal e-learning environment provided in the tool. Finally, the tool developed in this research increases the Brazilian and International banks of construction sites data, which can serve for future studies to other areas of engineering as well as other areas of knowledge. This project contributes to improve the solution of problems related to understanding concepts and giving information about civil construction in Brazil from the systemic vision perspective.

Keywords: systemic vision, system dynamics modeling, *design science* research, work breakdown structure, tool, information, civil construction.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	MOTIVAÇÃO.....	4
1.2	JUSTIFICATIVA	7
1.3	OBJETIVOS	9
1.3.1	<i>Geral</i>	9
1.3.2	<i>Específicos</i>	9
1.4	CONTRIBUIÇÃO TEÓRICA DO TRABALHO.....	10
1.5	ORIGINALIDADE	12
1.6	LIMITAÇÕES DA PESQUISA	13
1.7	ESTRUTURAÇÃO DA TESE	14
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1	O MECANISMO BÁSICO DO APRENDIZADO.....	16
2.2	DESAFIOS NO ENSINO DA ENGENHARIA	20
2.2.1	<i>O ranking das universidades no mundo</i>	23
2.2.2	<i>E-learning: definições e ambientes de aprendizagem</i>	27
2.3	ABORDAGEM BASEADA NO SISTEMA DINÂMICO DE MODELAGEM.....	29
2.4	ABORDAGEM COM BASE NO <i>DESIGN SCIENCE RESEARCH</i>	34
2.5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	38
3	MÉTODO DE PESQUISA	40
3.1	ESTRATÉGIA GERAL DA PESQUISA.....	40
3.1.1	<i>Caracterização da pesquisa</i>	41
3.1.2	<i>População e amostra</i>	41
3.1.3	<i>Instrumentos de coleta de dados</i>	42
3.1.4	<i>Crítérios para análise dos dados</i>	42
3.2	DELINEAMENTO DO PROCESSO DE PESQUISA	42
3.3	PRIMEIRA ETAPA: DEFINIÇÃO E IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA.....	43
3.4	SEGUNDA ETAPA: CONCEITUAÇÃO DO SISTEMA	45
3.5	TERCEIRA ETAPA: FORMULAÇÃO DO MODELO DA FERRAMENTA.....	46
3.5.1	<i>Abordagem SDM-DSR da Visão Sistêmica Global (Macro)</i>	48

3.5.2	<i>Abordagem SDM-DSR da Visão Sistêmica Pontual (Micro)</i>	48
3.6	QUARTA ETAPA: AVALIAÇÃO E TESTE DO MODELO.....	48
3.6.1	<i>Aplicação de questionário em profissionais</i>	50
3.6.2	<i>Aplicação de questionário em estudantes de Engenharia Civil da UnB</i>	50
3.7	QUINTA ETAPA: USO E IMPLEMENTAÇÃO DO MODELO	51
3.8	SEXTA ETAPA: DESIGN DA ESTRATÉGIA DE APRENDIZAGEM/INFRAESTRUTURA	51
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	53
4.1	ETAPAS DO SISTEMA DINÂMICO DE MODELAGEM	54
4.1.1	<i>Etapa 1 – Definição e Identificação do Problema</i>	54
4.1.2	<i>Etapa 2 – Conceito da ferramenta</i>	58
4.1.3	<i>Etapa 3 – Formulação do Modelo da Ferramenta</i>	59
4.1.3.1	<i>Publicações em redes sociais</i>	67
4.1.3.2	<i>Artigos e conteúdo de obras no Brasil e no Mundo</i>	67
4.1.3.3	<i>Visão sistêmica: o passo-a-passo</i>	68
4.1.3.4	<i>Arquivos para download</i>	70
4.1.3.5	<i>Material acadêmico</i>	71
4.1.3.6	<i>Brasil: por um País melhor</i>	73
4.1.4	<i>Etapa 4 – Avaliação, Testes, Feedback e Validação do Modelo</i>	74
4.1.4.1	<i>Quantidade de Sessões</i>	77
4.1.4.2	<i>Quantidade de Usuários</i>	79
4.1.4.3	<i>Quantidade de Visualizações de Páginas</i>	80
4.1.4.4	<i>Taxa de Rejeição</i>	83
4.1.4.5	<i>Pesquisa Orgânica</i>	85
4.1.4.6	<i>Indicador página/sessão</i>	87
4.1.4.7	<i>Localização dos acessos à ferramenta</i>	87
4.1.4.8	<i>Origem de referências feitas à ferramenta</i>	88
4.1.4.9	<i>Avaliação dos profissionais</i>	90
4.1.4.10	<i>Avaliação dos estudantes</i>	97
4.1.5	<i>Etapa 5 – Uso, Implementação e Disseminação do Modelo</i>	104
4.1.6	<i>Etapa 6 – Design da Estratégia de Aprendizagem/Infraestrutura</i>	104
5	CONCLUSÕES.....	107

5.1	COMENTÁRIOS FINAIS.....	108
5.2	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	108
5.3	LIÇÕES APRENDIDAS PELO AUTOR.....	109
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	111
	APÊNDICES	129
	APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DA FERRAMENTA POR PROFISSIONAIS	130
	APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DA FERRAMENTA POR ESTUDANTES DE ENGENHARIA CIVIL.....	137
	APÊNDICE C – LISTA DAS DISCIPLINAS DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL (BASE USP E UNB).....	144
	APÊNDICE D – CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO E MEDIÇÃO DE DADOS DO GOOGLE ANALYTICS.....	151
	APÊNDICE E – BLOCOS CERÂMICOS	162
	APÊNDICE F – PLACAS CERÂMICAS	176
	APÊNDICE G – AÇO PARA CONCRETO ARMADO.....	187
	APÊNDICE H – AGREGADOS	199
	APÊNDICE I – CIMENTOS PORTLAND	217
	APÊNDICE J – CONCRETOS DE CIMENTOS PORTLAND	228
	APÊNDICE K – ARGAMASSAS	245
	APÊNDICE L – FOTOS GERAIS DA OBRA UTILIZADA NA FERRAMENTA	260

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1 - Estágios do processo de modelagem de sistemas dinâmicos	30
Quadro 2.2 - As melhores práticas de sistemas dinâmicos de modelagem	33
Quadro 2.3 - Pesquisas exploratórias e explanatórias	36
Quadro 2.4 - Elaboração de pesquisa exploratória e explanatória	37
Quadro 3.1 - As melhores práticas de SDM aplicadas na Etapa 1	44
Quadro 3.2 - As melhores práticas de SDM aplicadas na Etapa 2	46
Quadro 3.3 - As melhores práticas de SDM aplicadas na Etapa 3	47
Quadro 3.4 - Caracterização dos profissionais que avaliaram a ferramenta	49
Quadro 3.5 - As melhores práticas de SDM aplicadas na Etapa 4	50
Quadro 3.6 - As melhores práticas de SDM aplicadas na Etapa 5	51
Quadro 3.7 - As melhores práticas de SDM aplicadas na Etapa 6	52
Quadro 4.1 - Comentários dos profissionais sobre a ferramenta.....	96
Quadro 4.2 - Comentários dos estudantes de Engenharia Civil da Universidade de Brasília (UnB) sobre a ferramenta	103
Quadro 4.3 - Relação de lições aprendidas como estratégia de aprendizagem e melhoria da infraestrutura da ferramenta proposta.....	104

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – As 200 Melhores Universidades por Nação	25
Tabela 2.2 – As vinte melhores universidades do mundo	27
Tabela 4.1 – EAP Sintética para Ensaio de Laboratório (visão sistêmica micro)	61
Tabela 4.2 – Matriz SWOT gerada na pesquisa com profissionais.....	92
Tabela 4.3 – Matriz SWOT gerada na pesquisa com estudantes.....	99

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Curva de crescimento do número de usuários da Internet no mundo de 1993 a 2014	6
Figura 1.2 – Demonstração da utilização básica das duas principais teorias desta pesquisa ...	12
Figura 2.1 – Pesquisa metodológica literária sobre teoria de carga cognitiva - TCC	19
Figura 2.2 – Visão geral da abordagem da modelagem de sistemas dinâmicos.....	30
Figura 2.3 – Modelos CLD e SFD utilizados em sistemas dinâmicos de modelagem.....	32
Figura 3.1 – Os diferentes estágios do método adotado no trabalho	43
Figura 4.1 – Estrutura básica da ferramenta www.construcaocivil.info	53
Figura 4.2 – Crescimento do perfil sobre Construção Civil criado no <i>Instagram</i>	55
Figura 4.3 – Páginas criadas em plataformas de mídia social	56
Figura 4.4 – EAP: o passo-a-passo na construção de uma edificação no Brasil (visão sistêmica macro).....	59
Figura 4.5 – Modelo conceitual (CLD) da construção civil predial no Brasil – visão sistêmica macro	60
Figura 4.6 – EAP para Ensaios de Laboratório (visão sistêmica micro).....	61
Figura 4.7 – Modelo conceitual (CLD) da construção civil predial no Brasil com os ensaios de laboratório propostos na EAP - visão sistêmica micro.....	62
Figura 4.8 – Página inicial do site www.construcaocivil.info	63
Figura 4.9 – Canal de publicação de conteúdo audiovisual criado no YouTube	64
Figura 4.10 – Demonstração da EAP e abordagem SDM-DSR na ferramenta para a visão sistêmica global (macro).....	65
Figura 4.11 – Demonstração da EAP e abordagem SDM-DSR na ferramenta para a visão sistêmica pontual (micro)	66
Figura 4.12 – Demonstração da seção de Obras no Brasil e no Mundo.....	68
Figura 4.13 – Demonstração da seção de Visão Sistêmica (O passo-a-passo).....	69
Figura 4.14 – Demonstração do funcionamento da seção de Visão Sistêmica (O passo-a-passo).....	69
Figura 4.15 – Demonstração da seção de <i>Downloads</i> (modelos de documentos, tabelas e arquivos).....	70
Figura 4.16 – Demonstração da seção Acadêmica (material teórico)	71
Figura 4.17 – Demonstração do funcionamento da seção de Acadêmica (material teórico) ...	72

Figura 4.18 – Demonstração da seção Brasil: por um país melhor	73
Figura 4.19 – Demonstração do funcionamento da seção Brasil: por um país melhor	74
Figura 4.20 – Apresentação de estatísticas da ferramenta.....	74
Figura 4.21 – Apresentação de estatísticas da ferramenta.....	75
Figura 4.22 – Exemplos de feedbacks obtidos por meio da ferramenta.....	76
Figura 4.23 – Exemplos de feedbacks obtidos por meio da ferramenta.....	76
Figura 4.24 – Exemplos de feedbacks obtidos por meio da ferramenta.....	77
Figura 4.25 – Evolução da quantidade de sessões da ferramenta.....	78
Figura 4.26 – Evolução da quantidade de sessões da ferramenta por um período de 90 dias..	78
Figura 4.27 – Evolução da quantidade de usuários da ferramenta	79
Figura 4.28 – Evolução da quantidade de usuários da ferramenta por um período de 90 dias	80
Figura 4.29 – Evolução da quantidade de visualizações de páginas da ferramenta	81
Figura 4.30 – Evolução das visualizações de páginas da ferramenta por um período de 90 dias	82
Figura 4.31 – Medição das visualizações máximas em um dia em um período específico.	82
Figura 4.32 – Evolução das visualizações máximas em um dia no período de aferição de resultados da ferramenta.....	83
Figura 4.33 – Evolução da taxa de rejeição da ferramenta.....	84
Figura 4.34 – Evolução da taxa de rejeição da ferramenta por um período de 90 dias.....	85
Figura 4.35 – Evolução da pesquisa orgânica da ferramenta	85
Figura 4.36 – Evolução das pesquisas orgânicas da ferramenta por um período de 90 dias....	86
Figura 4.37 – Evolução da quantidade de página/sessão da ferramenta	87
Figura 4.38 – Localização dos acessos à ferramenta.....	88
Figura 4.39 – Referências à ferramenta.....	89
Figura 4.40 – Resultados da primeira etapa do questionário aplicado nos profissionais	90
Figura 4.41 – Segunda parte do questionário de acordo com profissionais	94
Figura 4.42 – Avaliação da visão sistêmica micro de acordo com profissionais	95
Figura 4.43 – Resultados da primeira etapa do questionário de acordo com os estudantes que avaliaram a ferramenta	97
Figura 4.44 – Segunda parte do questionário de acordo com estudantes	101
Figura 4.45 – Avaliação da visão sistêmica micro de acordo com estudantes.....	102

LISTA DE SÍMBOLOS, NOMENCLATURA E ABREVIACÕES

%	- Porcentagem
ABENGE	- Associação Brasileira de Ensino de Engenharia
ABNT	- Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRAMAT	- Associação Brasileira da Indústria de Materiais de Construção
ASCE	- <i>American Society of Civil Engineers</i>
CAL	- <i>Computer-Assisted Learning</i>
CBIC	- Câmara Brasileira da Indústria da Construção
CBTM	- <i>Computer-Based Teaching Module</i>
CEP	- Comitê de Ética em Pesquisa
CES	- Câmara de Educação Superior
CF	- Constituição Federal Brasileira
CLD	- <i>Causal Loop Diagram</i>
CNE	- Conselho Nacional de Educação
CNI	- Confederação Nacional das Indústrias
CONFEA	- Conselho Federal de Engenharia e Agronomia
CPCC	- Cadeia Produtiva da Construção Civil
CREA	- Conselho Regional de Engenharia e Agronomia
CSCL	- <i>Computer-Supported Collaborative Learning</i>
DSR	- <i>Design science Research</i>
EAD	- Educação a Distância
EAP	- Estrutura Analítica do Projeto
EAPS	- Escola Aprendizagem, Ação Pedagógica e Subjetividade na Educação
ENADE	- Exame Nacional de Desempenho dos Estudantes
EUA	- Estados Unidos da América
FED	- Faculdade de Educação (UnB)
FGV	- Fundação Getúlio Vargas
IDH	- Índice de Desenvolvimento Humano
IE	- Instituições de Ensino
IES	- Instituições de Ensino Superior
IGC	- Índice Geral de Cursos
INEP	- Instituto Nacional de Estudos e Pesquisa
ISO	- <i>International Organization for Standardization</i>
LAAM	- <i>Learning Analytics Acceptance Model</i>
LCMS	- <i>Learning Content Management Systems</i>

LEM	- Laboratório de Ensaio de Materiais
LEM - UnB	- Laboratório de Ensaio de Materiais da Universidade de Brasília
LDB	- Lei de Diretrizes e Bases da Educação
MBA	- <i>Master in Business Administration</i>
MEC	- Ministério da Educação
MOOCs	- <i>Massive Online Open Courses</i>
NBR	- Norma Brasileira
NR	- Norma Regulamentadora
ONU	- Organização das Nações Unidas
PECC	- Programa de Estruturas e Construção Civil
PIB	- Produto Interno Bruto
PROCON	- Programa de Orientação e Proteção ao Consumidor
QS	- <i>Quaquarelli Symonds</i>
SD	- <i>System Dynamics</i>
SDM	- <i>System Dynamics Modeling</i>
SERES	- Secretaria de Regulação e Supervisão da Educação Superior
SFD	- <i>Stock and Flow Diagram</i>
TCC	- Trabalho de Conclusão de Curso
THE	- <i>Times Higher Education</i>
UnB	- Universidade de Brasília
USP	- Universidade de São Paulo
WBS	- <i>Work Breakdown Structure</i>
WWW	- <i>World Wide Web</i>

1 INTRODUÇÃO

“Lembre-se que as pessoas podem tirar tudo de você, menos o seu conhecimento.” (Albert Einstein)

Os sistemas atuais de educação baseados na *web* (Internet) são construídos sob a promessa de fazer a visão do aprendizado em qualquer lugar, a qualquer hora, transcendendo o tradicional tempo e o espaço limites inerente ao ensino em sala de aula. Uma forma típica de ensino baseado na *web* é por meio de Aprendizagem com Sistemas de Gerenciamento de Conteúdo (*Learning Content Management Systems - LCMSs*), tais como WebCT¹, Moodle² e Elluminate³. Estes *LCMSs* exigem que os professores constantemente adaptem os seus cursos (estrutura e conteúdo) para garantir a compreensibilidade, alto desempenho e eficiência de cognição de seus alunos (Gasevic, Jovanovic e Devedzic, 2007).

A consciência dos educadores de como envolver os alunos no processo de educação, verificando o desempenho e a compreensão em tarefas de avaliação, é imperativa para a adaptação dos cursos. Por esta razão, os professores precisam de um *feedback* completo e informativo sobre o uso de seus cursos *on line*. Um *feedback* que cumpre o seu papel é baseado em dados semanticamente interligados sobre todos os principais elementos de um processo de aprendizagem, incluindo: atividades de ensino (por exemplo, leituras e discussões), conteúdos, resultados de compreensão de conceitos e os estudantes em si (Jovanovic et al., 2007). Uma das formas de se obter um *feedback* de alunos atualmente é por meio das redes sociais disponíveis gratuitamente.

Ali, Asadi, Gasevic, Jovanovic e Hatala (2013) desenvolveram um Modelo de Aceitação Analítico de Aprendizagem (*LAAM – Learning Analytics Acceptance Model*) que avaliou a adoção de uma ferramenta de ensino específica utilizada por educadores para amparar suas metas pedagógicas e organizacionais. O modelo explica como as crenças de uso (exemplos: facilidade de uso e percepções de utilidade) sobre o aprendizado analítico que um aplicativo proporciona são associados com a própria intenção de usar o artefato. No estudo, foram considerados, ainda, diversos fatores que podem potencialmente afetar essas crenças: i)

¹ www.webct.com

² <http://moodle.org/>

³ <http://www.illuminate.com>

conhecimento pedagógico e habilidades de design de informações dos educadores; ii) a percepção da utilidade de um artefato de análise da compreensão por professores; e iii) a percepção da facilidade de uso de uma ferramenta de análise da educação.

O estudo apresentado por Chen e Lin (2014) afirma que bibliotecas digitais modernas não contêm apenas recursos digitais ricos, elas também são obrigadas a fornecer um ambiente que integra os serviços de informação e as atividades acadêmicas para apoiar a aprendizagem eficaz. A pesquisa sugere que o aprendizado *on line* (*e-learning*) amparado por uma biblioteca digital resulta em um excelente desempenho de compreensão de diferentes teorias.

Em relação à influência da arquitetura da informação sobre o desempenho de aprendizagem, a pesquisa de Chen e Lin (2014) detectou que a organização do sistema foi crucial para o desempenho na educação. Além disso, os alunos com diferentes capacidades de cognição exibiram comportamentos diferentes quando eles usaram a arquitetura da informação fornecida em biblioteca digital. Outra constatação foi a de que o desempenho da aprendizagem dos estudantes globais⁴ foi melhor do que a dos alunos sequenciais⁵. Aprendizes globais e alunos com desempenho de aprendizagem superior confiaram mais na organização do sistema, enquanto aprendizes sequenciais e estudantes com desempenho cognitivo inferior confiaram mais no sistema de pesquisa.

A educação mundial está sendo impulsionada por novas tendências de melhoria do processo educativo. O uso de Cursos Massivos Abertos *On line* (*Massive Online Open Courses – MOOCs*) está crescendo como um novo paradigma. Ferramentas que fornecem conhecimento sobre o processo de aprendizagem são necessárias, pois um professor não consegue cuidar de tantos alunos detalhadamente de maneira eficiente sem a ajuda tecnológica. A plataforma *Khan Academy*⁶ é um dos sistemas pioneiros de MOOCs que fornece um avançado suporte sobre aprendizado analítico (*learning analytics*). Alguns recursos incluídos na plataforma são: progresso da habilidade, relatórios de exercícios resolvidos ou relatório da atividade do estudante e usuário do Khan Academy (Valiente, Merino, Leony e Kloos, 2015).

⁴ Aprendizes (estudantes) que fazem saltos intuitivos quando interpretam informações e podem encontrar dificuldades para explicar como chegaram a uma determinada solução.

⁵ Aprendizes (estudantes) que preferem seguir um processo de raciocínio linear para resolver problemas e podem trabalhar com um determinado material ao entendê-lo parcialmente ou superficialmente.

Teorias modernas de ensino afirmam que qualquer indivíduo pode aprender sobre qualquer assunto. O Khan Academy (2015) é uma das principais instituições que hoje defende esta teoria. A Instituição oferece exercícios práticos, vídeos instrutivos e um painel de aprendizagem personalizado que capacita os alunos para estudar em seu próprio ritmo, dentro e fora das salas de aula. Assuntos e disciplinas como matemática, ciência, programação de computadores, história, história da arte, economia e outras áreas do conhecimento são abordadas na plataforma *on line* e gratuita para todos aqueles interessados na aprendizagem de conceitos oferecidos.

De acordo com o Khan Academy (2015), as pessoas podem assumir o controle da capacidade de aprender. Para tanto basta construir cérebros no caminho certo. A eficácia da plataforma é baseada, entre outros fatores, na elevada velocidade e quantidade de dados enviados à rede mundial de computadores (internet). Pode-se atribuir à Internet o mérito da facilidade de acesso ao conteúdo disponibilizado pela Instituição.

Valiente, Merino, Leony e Kloos (2015) apresentaram uma ferramenta denominada ALASKA que foi classificada como um módulo analítico visual para estender o suporte de aprendizagem analítica para a plataforma Khan Academy. Os autores também apresentaram maneiras para professores e alunos fazerem uso destas visualizações para tomar decisões sobre o processo de aprendizagem.

Considerando o potencial do uso de mídias sociais para apoiar a colaboração acadêmica entre os estudantes e a falta de dados empíricos sobre este tema, a pesquisa realizada por Khan, Wohn e Ellison (2014), centrou-se no papel das habilidades avançadas da internet entre os adolescentes para colaboração acadêmica por meio de mídias sociais. A motivação do trabalho foi compreender melhor a extensão em que habilidades específicas da Internet servem como uma base necessária para práticas de colaboração relacionadas com assuntos acadêmicos. Os pesquisadores concluíram que, no mundo cada vez mais conectado, a disponibilidade da internet em casa é importante, mas, além do acesso e habilidades específicas, a capacidade percebida de mobilização dos recursos sociais de um indivíduo é o fator mais forte prevendo a colaboração acadêmica. Os pesquisadores também descobriram

⁶ <https://www.khanacademy.org>

que os estudantes que relataram que seus amigos do *Facebook* forneceram informações, ideias, ou explicações eram mais propensos a buscar ajuda acadêmica. O apoio instrumental do *Facebook* foi o fator mais poderoso no modelo proposto de previsão de colaboração acadêmica. O apoio de amigos do *Facebook* ofuscou fatores tradicionalmente importantes, tais como, as habilidades e as variáveis demográficas.

Diante do cenário apresentado, busca-se a inclusão de conceitos e informações sobre a construção civil predial no Brasil na Internet por meio de uma ferramenta colaborativa, sistemática e educativa em um ambiente de *e-learning*⁷ e *m-learning*⁸ informal.

1.1 MOTIVAÇÃO

ABRAMAT (2015) destaca que, em 2014, o valor adicionado pela cadeia produtiva da construção somou R\$ 470,3 bilhões, representando 8,5% do PIB brasileiro. Para adicionar esse valor à economia, foram consumidos R\$ 576 bilhões em bens e serviços. O setor da construção, como principal elo da cadeia, abrangeu 65,2% do valor gerado e 69,7% das ocupações. A indústria de materiais representou 12,2% do valor adicionado a cadeia o que somado à participação da indústria de máquinas e equipamentos alcançou 13,9%.

A Indústria da Construção Civil é composta por uma complexa cadeia produtiva que abrange setores industriais diversos, tais como: mineração, siderurgia do aço, metalurgia do alumínio e do cobre, vidro, cerâmica, madeira, plásticos, equipamentos elétricos e mecânicos, fios e cabos e diversos prestadores de serviços, como escritórios de projetos arquitetônicos, serviços de engenharia, empreiteiros, entre outros (Amorim, 1995; Mello, 2007).

A Construção Civil é integrada por uma série de atividades com diferentes graus de complexidade, ligadas entre si por uma vasta diversificação de produtos, com processos tecnológicos variados, vinculando-se a diferentes tipos de demanda. Ela abriga desde

⁷ Termo utilizado para definir o aprendizado e treinamento via computação, melhoria do aprendizado por meio da tecnologia e educação via web ou ambiente de aprendizagem virtual.

⁸ Termo utilizado para *mobile learning*, ou aprendizagem móvel. É uma das modalidades da educação à distância, ou *e-learning*. Acontece quando a interação entre os participantes se dá por meio de dispositivos tais como celulares, tablets e outros dispositivos móveis.

indústrias de tecnologia de ponta e capital intensivo, como cimento, siderurgia, química, até milhares de microempresas de serviços, a maior parte com baixo conteúdo tecnológico. Pode-se afirmar que uma das características marcantes do setor da Construção Civil é a sua heterogeneidade (Mello e Amorim, 2009). Devido a esta complexidade do setor, recomenda-se o desenvolvimento de novas metodologias, técnicas e ferramentas de *e-learning* informal para o estudo e divulgação de informações mais claras sobre a indústria da construção civil no Brasil.

De acordo com a pesquisa de Lelis (2009), considerando a dedicação diária para estudos e pesquisas relacionados ao curso de Engenharia Civil em acadêmicos concluintes, 43% dos entrevistados alegaram dedicar de 1 a 2 horas por dia de estudos; 34,8% menos de 1 hora por dia; 15,2% de 2 a 3 horas por dia, destacando que a Internet (27,2%) foi a forma mais citada como meio para a atualização, seguido das revistas e jornais (19,9%), interação com o mercado (15,3%) e televisão e rádio (10,6%). A integração das redes sociais também faz parte de um novo universo de troca de informações e comunicação entre os estudantes.

A ideia de adicionar as redes sociais como ferramentas educacionais no plano acadêmico vem sendo adequada rapidamente na medida em que as universidades reconhecem o potencial da utilização das redes sociais como ferramentas de marketing e aprendizagem. As redes sociais podem representar uma nova forma de comunicação que também está mudando a maneira como o público interage e percebe o ensino superior (Gilroy, 2010).

Segundo uma pesquisa divulgada na TecMundo (2013), em média as pessoas gastam 22% de seu tempo em redes sociais. Em seguida, vêm as pesquisas (21%), leituras (20%), comunicações por meio de *E-Mails* e mensageiros instantâneos (19%), conteúdos multimídia (13%) e compras em lojas virtuais (5%). A pesquisa aponta que os brasileiros são os que mais possuem amigos no serviço: em geral, cada pessoa do país possui em média 481 conexões na rede social.

O *YouTube* possui diversas palestras e outros materiais de centenas de faculdades e universidades no mundo incluindo as universidades de Stanford, Harvard e o MIT (*Massachusetts Institute of Technology*). Sites como o *YouTube* fornecem oportunidades de cursos gratuitos para o crescimento pessoal e intelectual dos usuários (Gilroy, 2010)

O número de usuários da Internet decuplicou de 1999 a 2013. O primeiro bilhão de usuários foi atingido em 2005, o segundo em 2010 e o terceiro será atingido no final de 2014. Existem 1.018.316.014 sites na web e, em termos de número de usuários ativos, o *Facebook* tem 1.281.842.250, o *Google+* tem 563.984.078, o *Twitter* tem 286.389.899 e o *Pinterest* possui 42.924.283 (O Globo, 2014).

Apresenta-se na Figura 1.1 a curva de crescimento do número de usuários da Internet no mundo de 1993 a 2014 de acordo com uma reportagem publicada no O Globo (2014).

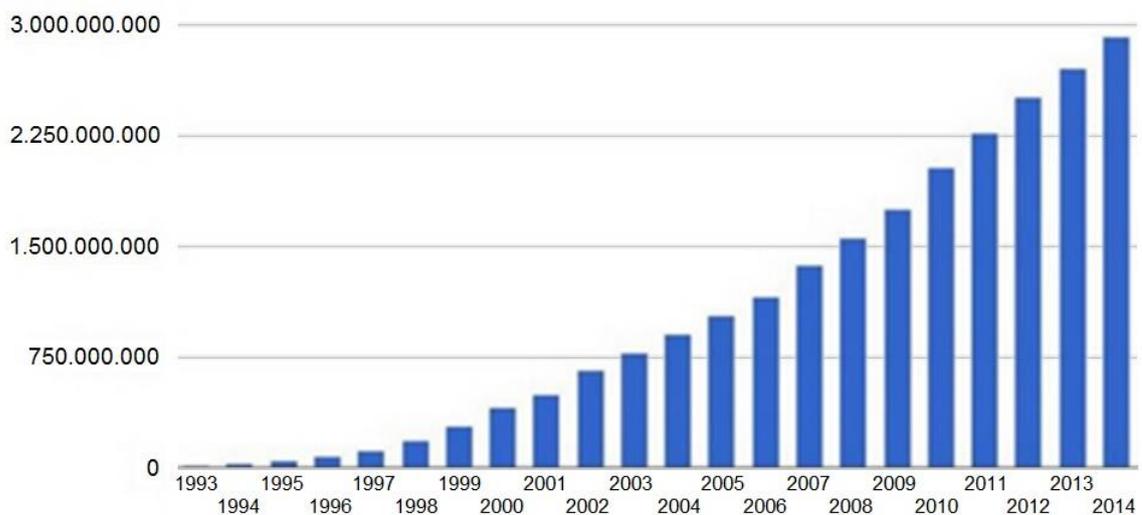


Figura 1.1 – Curva de crescimento do número de usuários da Internet no mundo de 1993 a 2014

Fonte: O Globo (2014)

A cada segundo são postados 7.417 *tweets*, 1.205 fotos são subidas para o *Instagram*, 1.414 posts são criados no *Tumblr*, 1.500 ligações são feitas no *Skype*, é gerado um tráfego de 22.654 GB na Internet, são feitas 44.929 buscas no Google, são vistos 86.403 vídeos no *YouTube* e são enviados 2.322.492 de E-Mails (O Globo, 2014).

Em 2014, os dez países com mais usuários na Internet foram: China, EUA, Índia, Japão, Brasil, Rússia, Alemanha, Nigéria, Reino Unido e França, nesta ordem. A China tem 641.601.070 internautas, mais que o dobro dos EUA (279.834.232 usuários). O Brasil está em 5º lugar, com 107.822.831 internautas (O Globo, 2014).

Diante dos números e complexidade da indústria da construção civil no Brasil (englobando as cadeias de suprimentos, processos e auxiliares) a motivação desta pesquisa se baseia no fato de que a indústria da construção civil poderá ser inserida no contexto da Internet e das redes sociais de uma maneira organizada, colaborativa, sistemática, motivadora e educativa. Levando-se em conta que as pessoas gastam muito tempo na Internet, é possível propor uma ferramenta que tenha sucesso para o ensino da Engenharia Civil. Pretende-se, desta forma, propor uma ferramenta para divulgação de informações relacionadas à construção civil predial no Brasil elaborando vínculos entre a teoria acadêmica com a prática profissional utilizando a Internet e as redes sociais com base nos conceitos do *system dynamics modeling* (SDM) e do *design science research* (DSR) em um ambiente de *e-learning* informal.

1.2 JUSTIFICATIVA

Os recursos de tecnologia em sala de aula têm aumentado e melhorado na última década, dando aos professores uma maior flexibilidade para permitir que os alunos utilizem a tecnologia como ferramentas para estender suas habilidades cognitivas. No entanto, há uma falta de evidência empírica do impacto das ferramentas cognitivas nas práticas dos professores nas salas de aula e no aprendizado dos alunos (Wang, Hsu, Reeves e Coster, 2014).

Tradicionalmente, os professores utilizaram a abordagem "aprender da" tecnologia e utilizaram os computadores principalmente como um tipo diferente de mídia para fornecimento de conteúdo para os alunos, de forma passiva semelhante à forma como os alunos podem aprender a partir de livros ou programas de TV. Embora a tecnologia seja amplamente acessível para professores e alunos nas escolas de hoje (Greenhow, Robelia e Hughes, 2009; Purcell, Heaps, Buchanan e Friedrich, 2013), a pesquisa indicou que a maioria dos professores ainda adota a tecnologia de forma passiva com a abordagem de "aprender da" em vez da abordagem "aprender com" a tecnologia. Esta abordagem tradicional produz resultados insuficientes no desempenho dos alunos (Cuban, 2001; Kim e Reeves, 2007; Tamim, Bernard, Borokhovski, Abrami e Schmid, 2011; Wang, Hsu, Reeves e Coster, 2014).

Os professores utilizam cada vez mais o conceito de ensino e aprendizagem apoiados no uso de computadores em suas salas de aula para facilitar as atividades desafiadoras, como a colaboração entre e com os alunos. A Aprendizagem Colaborativa Suportada por Computadores (*Computer-supported collaborative learning - CSCL*) refere-se a situações em que os alunos trabalham em colaboração utilizando a tecnologia da informática (Stahl, Koschmann e Suthers, 2006). Os professores precisam avaliar as atividades dos alunos para efetivamente orientá-los. Durante o CSCL, as atividades dos alunos (como a discussão *on line* e trabalhando em pacotes de tarefas) geralmente são registradas e disponíveis para revisão. Sabendo-se que a quantidade de dados gerada pode ser muito grande, pode-se tornar impossível para o professor ler ou interpretar todas as informações disponíveis (Borges e Baranauskas, 2003; Dyckhoff, Zielke, Bültmann, Chatti e Schroeder, 2012).

Ferramentas de apoio são uma forma de aprendizagem analítica (*learning analytics*), que é definida como a análise e comunicação de dados educacionais com a finalidade de otimizar a aprendizagem e o ambiente em que ela ocorre (Siemens e Gasevic, 2012). Destaca-se que as bibliotecas digitais também colaboram com o ambiente educativo proporcionado em diferentes artefatos de suporte.

Segundo Fuchs, Muscogiuri, Niederée e Hemmje (2004), a arquitetura da informação das bibliotecas digitais é claramente superior à de recursos gerais de Internet porque as bibliotecas digitais contêm meta-dados bem planejados e arquivos digitais confirmados por especialistas. Em termos de *e-learning* (aprendizado *on line*) e instruções, as bibliotecas digitais fornecem recursos de aprendizagem de qualidade que efetivamente apoiam o *e-learning* e apresentam um grande potencial de uso no desenvolvimento de aplicações instrucionais.

Ambientes Virtuais Educacionais 3D (Educational Virtual Worlds – 3D EVWs) tem sido amplamente reconhecidos como ambientes que favorecem a interação contínua e dinâmica entre alunos e professores que participam em uma unidade de aprendizado (Hendaoui, Limayem e Thompson, 2008; De Lucia, Francese, Passero e Tortora, 2008).

A natureza envolvente deste tipo de ambiente incentiva os alunos (como avatares) a executarem atividades de aprendizagem que não estavam inicialmente previstas pelos professores, como interagir com outros alunos por meio de *chats*, à procura de novos conteúdos multimídia ou utilizando novos artefatos físicos 3D para aprender sobre um

determinado tópico. A fim de melhorar o projeto de um curso e ser capaz de verificar a sua eficácia, os professores devem conhecer o fluxo real de atividades de aprendizagem que os alunos seguiram durante o curso. Com este objetivo em mente, as técnicas de aprendizagem analítica podem ser uma boa solução, pois elas analisam os dados gerados pelos avatares para descobrir o comportamento estudantil na execução do design do aprendizado (Gallego, Lama, Vidal e Mucientes, 2013).

A indústria da construção civil no Brasil é carente de ambientes de aprendizagem *on line* (*e-learning*) informais integrados com outros canais de comunicação como as redes sociais, canais de divulgação de conteúdo audiovisual, entre outros. Diante dos cenários, fatos e pesquisas apresentadas, busca-se a utilização da Internet e das redes sociais por meio de uma ferramenta de divulgação de conhecimentos e informações práticas e teóricas relacionadas à indústria da construção de uma maneira dinâmica, pragmática, colaborativa, prática e organizada.

1.3 OBJETIVOS

Apresentam-se nas subseções 1.3.1 e 1.3.2 os objetivos gerais e específicos respectivamente.

1.3.1 Geral

Esta pesquisa tem como objetivo geral propor uma ferramenta para estimular a visão sistêmica de conceitos relacionados à construção civil predial no Brasil com base na abordagem do *system dynamics modeling* (SDM) e *design science research* (DSR).

1.3.2 Específicos

Como objetivos específicos destacam-se:

- (a) Objetivo específico 1: Aplicação e demonstração da visão sistêmica global (macro) utilizando uma abordagem SDM-DSR desenvolvida para construção civil predial no Brasil;
- (b) Objetivo específico 2: Aplicação e demonstração da visão sistêmica pontual (micro) utilizando uma disciplina específica do curso de Engenharia Civil da UnB: materiais de construção civil experimental 1 (explorando também a abordagem SDM-DSR);

(c) Objetivo específico 3: Demonstração de uma proposta de integração entre as disciplinas pertinentes do curso de Engenharia Civil (base UnB e USP) com a ferramenta desenvolvida neste trabalho. A integração das disciplinas se deu por meio da organização das disciplinas apresentadas no Apêndice C dentro da ferramenta. A escolha da USP e da UnB como referências principais na lista de disciplinas foi feita tomando por base ser a USP uma das universidades brasileiras com melhor classificação nos Rankings THE e QS e ser a UnB a universidade onde a maior parte desta pesquisa foi realizada;

(d) Objetivo específico 4: Demonstração da ferramenta criada com base na visão sistêmica apresentada: o *website* www.construcaocivil.info;

(e) Objetivo específico 5: Demonstração da interação entre os usuários e seguidores das redes sociais como prova do *feedback* do sistema desenvolvido neste trabalho.

1.4 CONTRIBUIÇÃO TEÓRICA DO TRABALHO

Apresentou-se neste trabalho como sua principal contribuição teórica a aplicação dos conceitos do *system dynamics modeling* (SDM), *design science research* (DSR) e conceitos de estrutura analítica de projetos (EAP) no desenvolvimento de uma ferramenta (um *website*) para estimular a visão sistêmica da construção civil predial no Brasil. Mais especificamente: aplicação dos conceitos e etapas das melhores práticas de sistemas dinâmicos de modelagem (SDM) em conjunto com conceitos do *design science research* (DSR) na montagem da ferramenta proposta neste trabalho.

As seis etapas do *system dynamics modeling* utilizadas no trabalho conforme apresentado por Moyano e Richardson (2013) como as melhores práticas da modelagem de sistemas dinâmicos são reflexo da evolução do método desde os conceitos apresentados por Forrester (1961), Randers (1980), Richardson e Pugh (1981), Sterman (2000), Rodrigues et. al (2006), Pavlov et. al. (2014) e outros autores. O SDM pode ser considerado uma teoria poderosa para o mapeamento de sistemas complexos e multidisciplinares conforme retratado por Nasirzadeh e Nojedehe (2012), Moyano e Richardson (2013), entre outros autores. Os conceitos do SDM

facilitam o entendimento de problemas complexos, tornando o desmembramento de grandes problemas em partes menores estabelecendo correlações positivas e/ou negativas entre as partes.

Apresentou-se nesta pesquisa a eficácia da aplicação do *system dynamics modeling* (SDM) na elaboração e desenvolvimento de uma ferramenta (*website*) para estímulo da visão sistêmica de conceitos relacionados à indústria da construção civil brasileira. O SDM permitiu a utilização de diagramas de loop causal ou *causal loop diagrams* (CLD) que facilitaram a compreensão do mecanismo de funcionamento do aplicativo desenvolvido nesta pesquisa. Em outras palavras, o SDM facilita a lógica da construção de um *website* no sentido de vincular diferentes páginas com diferentes conteúdos, mas que fazem parte de um mesmo sistema de informações. Portanto, pode-se considerar como uma contribuição teórica desta pesquisa a aplicação dos conceitos de SDM na montagem de uma ferramenta (*website*) criado para estimular a visão sistêmica de conceitos relacionados à indústria da construção civil no Brasil.

O *design science research* (DSR) utiliza “fenômenos artificiais” ou artefatos criados pelos pesquisadores com o intuito de resolver um problema de uma maneira pragmática tendo como base a engenharia fundamentalmente multidisciplinar conforme retratado por Holmstrom, Ketokivi e Hameri (2009); Wang, Vogel e Ran (2011) e Gregor e Hevner (2013). Desta forma, considerando a ferramenta desenvolvida durante esta pesquisa como o artefato criado para estimular a visão sistêmica de conceitos relacionados à indústria da construção civil no Brasil, o DSR também foi considerado como importante base teórica para o conteúdo apresentado na ferramenta (ligações constantes entre teoria acadêmica e prática profissional).

Os conceitos de Estrutura Analítica de Projetos (EAP) apresentados por PMI (2013) e Mattos (2010), foram muito úteis na organização das seções da ferramenta desenvolvida nesta pesquisa. Assim sendo, também se pode considerar uma pequena contribuição teórica deste trabalho o uso dos conceitos de EAP na organização e desenvolvimento de uma ferramenta *on line* (*website*) que teve como um dos seus objetivos principais o estímulo da visão sistêmica global (macro) e pontual (micro) de conceitos relacionados à indústria da construção civil no Brasil.

Por fim, pode-se apresentar na Figura 1.2 um resumo básico das duas principais teorias utilizadas no desenvolvimento da ferramenta criada durante esta pesquisa.

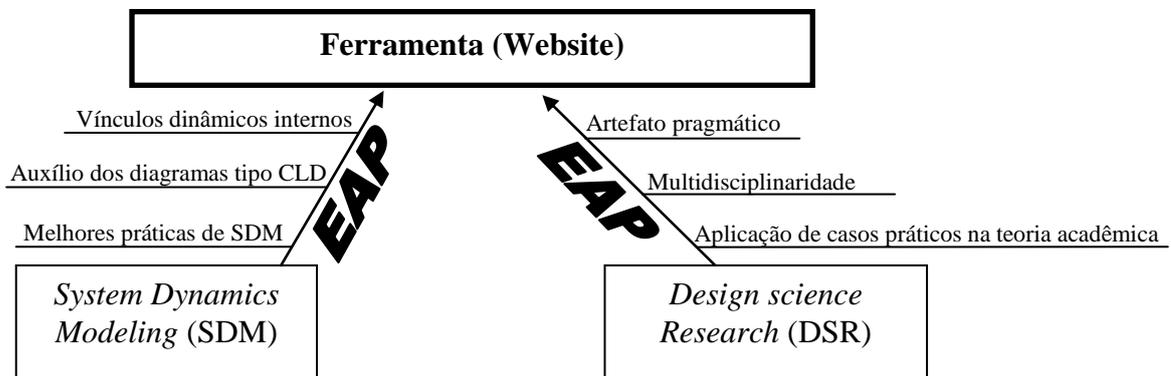


Figura 1.2 – Demonstração da utilização básica das duas principais teorias desta pesquisa

1.5 ORIGINALIDADE

A originalidade desta tese, cujo objeto é a criação de uma ferramenta (*website*) para estimular a visão sistêmica de conceitos relacionados à construção civil predial no Brasil, está assentada nos seguintes aspectos:

- (a) Utilização das melhores práticas de sistemas dinâmicos de modelagem de acordo com Moyano e Richardson (2013) na criação da ferramenta proposta.
- (b) Inclusão de diferentes redes sociais e canal de divulgação de conteúdo audiovisual integrados com a ferramenta proposta.
- (c) Registro de um novo domínio (novo nome) na Internet para abrigar o conteúdo da ferramenta desenvolvida nesta pesquisa.

Vale destacar que o autor deste trabalho publicou um trabalho de conclusão de curso (Nabut Neto, 2015) na Fundação Getúlio Vargas (FGV) como um projeto piloto que difere da presente pesquisa. O TCC publicado na FGV serviu simplesmente como um início do desenvolvimento da tese tendo como principal objetivo a apresentação da ferramenta com

conceitos de sistemas dinâmicos de modelagem. No trabalho, a conceituação do *design science research* (DSR) não foi abordada. Portanto, a ferramenta não foi explorada como um artefato que pode contribuir para conceitos teóricos; não foi desenvolvida a abordagem SDM-DSR e também não foi elaborada a visão sistêmica macro e micro apresentada neste trabalho. Além disto, o TCC não apresentou os resultados dos questionários aplicados em profissionais e estudantes de Engenharia Civil da UnB. Em resumo, o TCC serviu apenas para introduzir o tema explorado mais a fundo nesta tese.

1.6 LIMITAÇÕES DA PESQUISA

As limitações da pesquisa foram:

(a) A visão sistêmica global (macro) apresentada nesta pesquisa foi montada de acordo com as atividades da EAP propostas neste trabalho com exemplos específicos de uma obra predial comercial em Brasília-DF (fotos apresentadas no Apêndice L). Vale ressaltar que a EAP construída especificamente para a visão sistêmica global foi feita com base nos conceitos apresentados por Mattos (2010) e PMI (2013) em 2 níveis básicos e podem apresentar outras variações em outros trabalhos. Em outras palavras, é possível construir diferentes estruturas analíticas de projeto para as mesmas áreas abordadas neste trabalho.

(b) A visão sistêmica pontual (micro) apresentada neste trabalho foi desenvolvida apenas para uma disciplina específica do curso de Engenharia Civil da Universidade de Brasília (UnB): a disciplina de Materiais de Construção Experimental I.

(c) Os questionários apresentados nos Apêndices A e B foram aplicados em um número limitado de profissionais (10 profissionais) e estudantes de Engenharia Civil da Universidade de Brasília (35 estudantes). Esta foi a quantidade de profissionais e estudantes que o autor teve possibilidade de ter contato durante a elaboração deste trabalho. Vale ressaltar que os questionários utilizados não foram validados (ex. não foi utilizada a escala de Likert para análises estatísticas ou técnicas de análise de variância como o teste de Mann Whitney ou o teste de Kruskal Wallis). Também não foi feito o teste do Qui-Quadrado para análise dos dados gerados pela aplicação dos questionários utilizados neste trabalho. Portanto, os

questionários utilizados nesta pesquisa serviram apenas como fonte de avaliação da ferramenta por profissionais e estudantes.

(d) A integração das redes sociais e canal de divulgação audiovisual com a ferramenta apresentada desenvolvida neste trabalho englobou apenas o *Instagram*, o *Facebook* e o *YouTube*.

(e) Não foram utilizados diagramas do tipo SFD (*stock and flow*) no desenvolvimento da ferramenta proposta neste trabalho.

(f) Não foi utilizada a Teoria Unificada de Aceitação e Uso da Tecnologia – *Unified Theory of Acceptance and Use of Technology* (UTAUT). A UTAUT é uma das teorias mais estudadas, mas sua validação ainda deve ser testada em ambientes de *e-learning* conforme apresentado por Decman (2015). O principal motivo da pesquisa de Decman (2015) foi de avaliar a adequação do UTAUT dentro de um ambiente específico de *e-learning* para ensino superior e pesquisar a influência de gênero e educação anterior dos estudantes na aceitação e uso da tecnologia.

1.7 ESTRUTURAÇÃO DA TESE

Este trabalho está estruturado em cinco seções.

Na Seção 1, apresenta-se uma abordagem geral da pesquisa, com a introdução do tema, a motivação, a justificativa deste estudo, suas limitações e objetivos.

Na Seção 2, apresenta-se a revisão bibliográfica dos temas relacionados a este trabalho como os conceitos de sistemas dinâmicos de modelagem (SDM) e *design science research* (DSR).

Na Seção 3, apresenta-se o desenvolvimento do método da pesquisa proposta tendo como foco principal as melhores práticas na elaboração de sistemas dinâmicos de modelagem (SDM) e estudos exploratórios realizados pelo autor.

Na Seção 4, são apresentados os resultados e discussões obtidas por meio da elaboração da pesquisa.

Por fim, na Seção 5, apresentam-se as conclusões obtidas neste trabalho, sugestões para trabalhos futuros e lições aprendidas pelo pesquisador.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

“Eu vejo o futuro repetir o passado; eu vejo um museu de grandes novidades; o tempo não para. Não para, não, não para.” (Cazuza)

Nesta seção será dada uma breve introdução sobre o mecanismo básico do aprendizado; uma sucinta apresentação de pesquisas relacionadas com a educação da Engenharia Civil no Brasil; uma conceituação sobre a abordagem do sistema dinâmico de modelagem (*system dynamics modeling - SDM*); uma abordagem da conexão entre a prática e a teoria com base nos conceitos do *design science research* (DSR) e comentários finais sobre esta seção.

As três principais teorias utilizadas para elaborar a ferramenta apresentada neste trabalho foram: utilização da abordagem com base no sistema dinâmico de modelagem (*system dynamics modeling - SDM*) utilizado por Nasirzadeh e Nojedeji (2012), Moyano e Richardson (2013); aplicação de conceitos do *design science research* (DSR) apresentados por Holmstrom, Ketokivi e Hameri (2009), Wang, Vogel e Ran (2011), Gregor e Hevner (2013) e elaboração de uma Estrutura Analítica de Projetos (EAP) com fulcro nos conceitos apresentados por PMI (2013) e Mattos (2010).

2.1 O MECANISMO BÁSICO DO APRENDIZADO

Barreiro *et al.* (2001) destacam que o uso da tecnologia na educação tem se apresentado como uma alternativa no processo de ensino-aprendizagem. Para que esta promova as mudanças esperadas no processo educativo, deve ser usada não como máquinas para ensinar ou aprender, mas como ferramenta pedagógica para criar um ambiente interativo que proporcione ao aprendiz, diante da situação problema, investigar, levantar hipóteses, testá-las e refinar suas ideias iniciais, construindo seu próprio conhecimento. Embora haja muitos outros elementos que se unem para constituir o complexo processo que é a educação – como, por exemplo, conhecimento, compreensão e valores – uma coisa é certa: educação implica em aprendizagem. Sem aprendizagem não há educação.

Para muitos, aprender está para ensinar, da mesma forma que ouvir está para falar e ler para escrever. Aprendizagem não se traduz, simplesmente, na contrapartida do ensino. O processo

de aprendizagem é extremamente complexo e pode acontecer em função de inúmeros fatores, dos quais o ensino é apenas um deles. O processo de aprendizagem abrange: trabalho; lazer; leitura; ensino; conversa; observação; investigação, entre outros. Por outro lado, o processo de ensino, embora não tão complexo quanto os processos de educação e aprendizagem, também envolve vários elementos: professor; tecnologia; conteúdos; currículo; disciplinas; sala de aula; entre outros.

Algumas teorias dos processos de desenvolvimento e aprendizagem destacadas por Barreiro *et al.* (2001) foram:

- (a) Teorias Comportamentalistas: todo conhecimento provém da experiência.
- (b) Racionalismo cartesiano: o desenvolvimento intelectual é determinado pelo sujeito e não pelo meio, ou seja, de dentro para fora. O indivíduo nasce inteligente e com o passar do tempo organiza a inteligência pelas percepções do meio ambiente.
- (c) Empirismo: o desenvolvimento intelectual é determinado pelo meio ambiente, ou seja, pela força do meio e não depende do sujeito; é de fora para dentro.
- (d) Positivismo: tem como ideal de objetividade a utilização de uma metodologia experimental com vistas à elaboração de leis gerais.
- (e) Behaviorismo: comportamento ou reações observáveis de um organismo através de respostas e estímulos do meio ambiente. O comportamento não é só condicionado em estímulo e resposta, como também é formado a partir dos estímulos do meio, que se torna determinante dos processos de desenvolvimento e da aprendizagem; qualquer atitude pode ser prevista desde que estabeleça relações funcionais com o meio; o ser humano é fruto de uma modelagem, resultante de associações entre estímulos e respostas ocorridas ao longo de sua existência.
- (f) Teoria Humanista – Criticismo Kantiano: A teoria Humanista coloca os seguintes questionamentos: “Qual é o verdadeiro valor dos nossos conhecimentos?”; “O que é conhecimento?” O conhecimento é constituído de matérias (ex. coisas) e forma (ex. nós

todos). Para conhecer as coisas, tem-se que organizá-las a partir da forma, *a priori* do tempo e do espaço. O tempo e o espaço não existem como realidade externa, são antes formas que o sujeito põe nas coisas.

(g) Teoria Construtivista – Piaget: a teoria Construtivista permite ao indivíduo interpretar o mundo em que vive; não é uma prática, não é um método, não é uma técnica de ensino, não é uma forma de aprendizagem, não é um projeto escolar. A teoria Construtivista é uma teoria que permite reinterpretar todas as coisas, jogando-as dentro do movimento da história e do universo; o sujeito humano e o objeto são projetos a serem construídos, não têm existência prévia: eles se constituem mutuamente na interação, eles se constroem.

A teoria construtivista estabelece uma relação entre os componentes do processo ensino-aprendizagem e uma estreita interação entre as características do aprendiz com o contexto de aprendizagem na construção do conhecimento. Nessa perspectiva, ela mantém um caminho pedagógico autônomo – característico da metodologia de ensino a distância - para que o indivíduo possa aprender, respondendo às exigências sociais apoiada em uma realidade imediata de aprendizagem que favorece a transferência dos conhecimentos diante de situações que o exijam.

O conhecimento é o resultado, tanto da relação recíproca do sujeito com seu meio, quanto às articulações e desarticulações do sujeito com seu objeto; dessas interações surgem construções cognitivistas sucessivas, capazes de produzir novas estruturas em um processo contínuo e incessante. A aprendizagem ocorre quando a informação é processada pelos esquemas mentais e agregadas a esses esquemas; o conhecimento construído vai sendo incorporado aos esquemas mentais que são colocados para funcionar diante de situações desafiadoras e problematizadoras (Barreiro *et al.*, 2001).

Barreiro *et al.* (2001) concluem que, ao propor qualquer projeto educacional que vise à formação pessoal, é necessário refletir sobre a interação dos conteúdos com novas tecnologias e no caminho percorrido pelo aprendiz para se apropriar das informações e construir seu conhecimento.

Lau (2014) destaca que diversas pesquisas foram feitas sobre teorias clássicas de aprendizagem dentro de três principais classes de cognição, construtivismo e behaviorismo e suas aplicações no aprendizado com base na computação. O autor destaca que nos estudos mais recentes com base nas teorias de aprendizagem que podem não ser ligados às teorias clássicas, foram realizadas pesquisas sobre diversas teorias de aprendizagem aplicadas ao aprendizado com base na computação. Tais parâmetros e resultados foram resumidos na Figura 2.1.

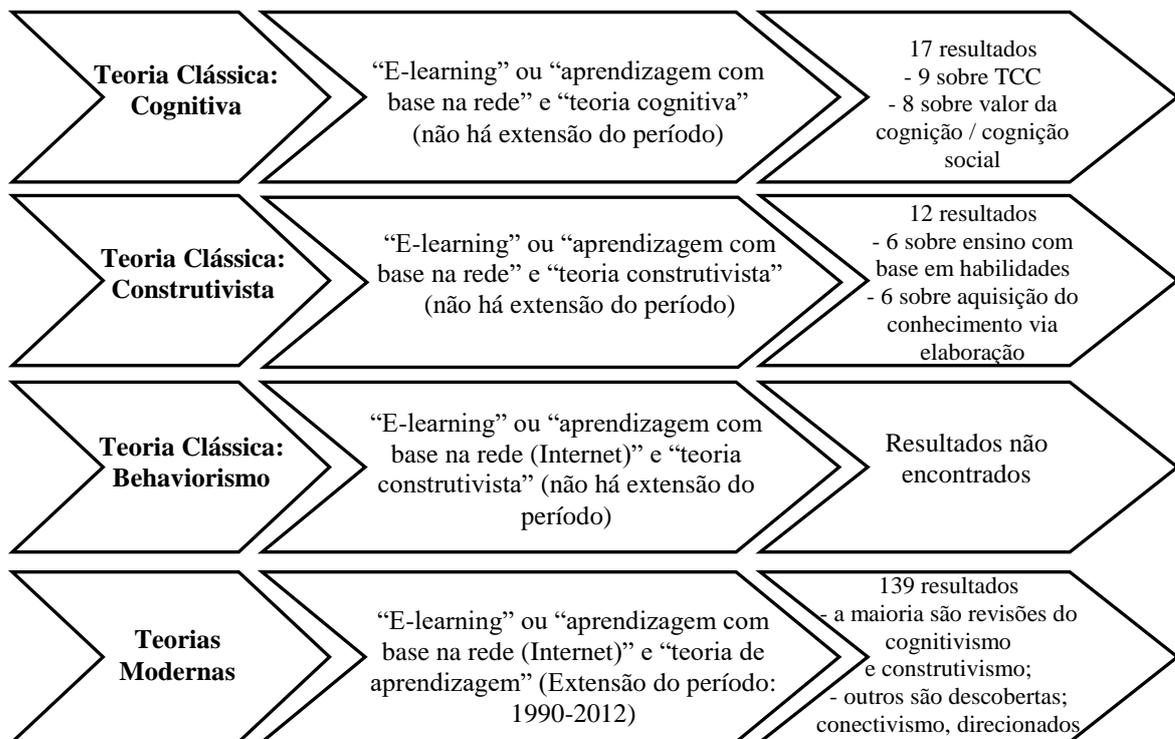


Figura 2.1 – Pesquisa metodológica literária sobre teoria de carga cognitiva - TCC

Fonte: Lau (2014)

Lau (2014) examinou a literatura com relação à aplicação de teorias de aprendizagem com base na aprendizagem auxiliada por computadores (*computer-assisted learning* – CAL) para desenvolver um série de princípios para balizarem o módulo de ensino com base em computadores (*computer-based teaching module* – CBTM). De acordo com o autor, pesquisas futuras permitirão educadores a tirarem vantagem deste formato de ensino na educação da medicina.

Ke (2010) realizou um estudo de caso examinando a natureza e interações do ensino, cognição e presença social criada por instrutores *on line* e estudantes adultos em diversos

contextos de cursos. O estudo indicou elementos de ensino (exemplos: mistura de discussões em grupo e em sala; interatividade, facilidade de acesso, respostas rápidas, entre outros) que são pré-requisitos para o sucesso de uma educação superior para alunos adultos.

Utilizando os resultados das pesquisas sobre mecanismos básicos do aprendizado apresentados por Barreiro et. al. (2001), Ke (2010) e Lau (2014), pode-se notar uma grande variedade de ambientes onde a educação pode ocorrer. Portanto, esta pesquisa explora um ambiente informal de *e-learning* (um *website*) amparado por uma visão sistêmica proposta para a construção civil no Brasil conforme apresentado na Seção 3 deste trabalho. Vale ressaltar que este trabalho busca também uma integração de diferentes fontes para auxiliar a aprendizagem construtivista de forma indutiva.

2.2 DESAFIOS NO ENSINO DA ENGENHARIA

O ensino superior no Brasil é oferecido por universidades, centros universitários, faculdades, institutos superiores e centros de educação tecnológica. O cidadão pode optar por três tipos de graduação: bacharelado, licenciatura e formação tecnológica. Os cursos de pós-graduação são divididos entre *lato sensu* (ex. especializações, *Master in Business Administration* – MBA e outros) e *strictu sensu* (ex. mestrados e doutorados).

Além da forma presencial, em que o estudante deve ter frequência em pelo menos 75% das aulas e avaliações, ainda é possível formar-se por ensino a distância (EAD). Nessa modalidade, o aluno recebe livros, apostilas e conta com a ajuda da Internet. A presença do aluno não é necessária dentro da sala de aula. Existem também cursos semipresenciais, com aulas em sala e também à distância. A Secretaria de Regulação e Supervisão da Educação Superior (SERES), órgão do Ministério da Educação (MEC), é a unidade responsável por assegurar que a legislação educacional seja cumprida para garantir a qualidade dos cursos superiores do País.

Para medir a qualidade dos cursos de graduação no País, o Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep) e o Ministério da Educação (MEC) utilizam o Índice Geral de Cursos (IGC), divulgado uma vez por ano, logo após a publicação dos resultados do Enade. O IGC usa como base uma média dos conceitos de curso de graduação

da instituição, ponderada a partir do número de matrículas, mais notas de pós-graduação de cada instituição de ensino superior (Portal Brasil, 2009).

Lelis (2009) cita os seguintes autores como pesquisadores de temas relacionados à educação da Engenharia Civil no Brasil: Lima (1961), Saffell (1980), Pardal (1985), Faulkner (1989), Bringhenti (1993), Gauthier (1998), Linsingen et al (1999), Colenci (2000), Rugarcia et al (2000), Felder et al (2000a,b,c), Woods et al (2000), Stice (2000), Brent et al (2000), Oliveira (2000), Hirota (2001), Cintra e Oliveira (2001), Mecking (2001), Marcheti (2001), Melo (2001), Oliveira (2002), Pinto et al (2002), Jacoski (2003), Lantelme (2004), Campos (2004), Grohmann (2004), Felder (2004), Felder e Brent (2004, 2005), Neves e Formoso (2004), Russell et al (2005), Anônimo (2005), Mendonça et al (2005), Oliveira (2005a), Chubin et al (2005), Silveira (2005), Neves (2006), Schnaid et al (2006) e Downey e Lucena (2007). Pode-se acrescentar a esta lista Aquere *et al.* (2012) e Pavlov *et al.* (2014). Os autores mencionados realizaram estudos e pesquisas atrelados às estratégias de ensino e aprendizagem; perfil do egresso; coordenação de times de estudantes focados em processos de gerenciamento de projetos; programas educativos que conduzem à formação em sistemas dinâmicos (*system dynamics*); formação, atuação e aperfeiçoamento profissional, denotando preocupação com os resultados ainda hoje obtidos no e pelo sistema educacional.

De acordo com SENGE *et al.* (2000), o ambiente escolar é um espaço de trabalho complexo, por meio do qual a aquisição de conhecimento deve ser produto consolidado pela construção coletiva (interna e externa), onde a introdução de novas ideias envolve inúmeros fatores além da relação professor e acadêmico, restando para sua eficácia o compartilhamento de valores e significados em torno da formulação coletiva dos saberes. Nesta condição, a sala de aula constitui *locus* privilegiado a partir do qual a experimentação, dinâmica e modelos mentais dos agentes envolvidos compõem indutores diretos do desenvolvimento das outras pessoas, logo os resultados alcançados remetem à forma como as pessoas pensam e interagem.

Nesse contexto, o educador deve exercer um novo papel, não só em relação ao seu desempenho perante a classe, mas também em relação ao currículo (Cunha, 2007) e ao contexto da escola e do trabalho. Ele deve repensar e promover a auto avaliação dos resultados de sua prática, distanciando-se das imposições pedagógicas tradicionais, uma vez que o ensino atual, em muitas situações, restringe os potenciais por uma abordagem limitada

de conteúdos, onde o professor exerce o papel de entregador da informação, sem sequer relacioná-los, objetivamente, ao perfil do profissional a ser formado (Marcheti, 2001; Mecking, 2001).

De outro lado, os acadêmicos devem ter interesse permanente em aprimorar suas ideias e habilidades, solicitando do sistema educacional a criação de situações que permitam esse aprimoramento, saindo da passividade de quem só recebe para se tornar um caçador da informação, de problemas para resolver e de assuntos para pesquisar (Melo, 2001). Deve ainda ter claro que o aprendizado contínuo é fundamental para a sobrevivência no ambiente altamente competitivo e complexo da profissão, razão pela qual o desenvolvimento de seus saberes, por sorte, não deve ficar vinculado exclusivamente ao mundo escolar.

Newson e Delatte (2011) destacam que mudanças significativas no currículo do curso de graduação em Engenharia Civil aconteceram nas duas últimas décadas. Entretanto, a educação dessa ciência ainda é altamente baseada em instruções dedutivas. O ensino por meio de casos baseados em exemplos é uma das formas de aprendizagem indutivas mais difundidas e o autor descreve as diferenças entre histórias de caso e estudos de caso.

Reyes e Gálvez (2011) afirmam que o método de ensino tradicional utilizado no treinamento de engenheiros civis vem sendo questionado devido a novos conhecimentos e habilidades exigidas por um novo mercado de trabalho. Na disciplina denominada “Materiais de Construção e Edificações” na Escola de Engenharia Civil da Universidade Politécnica de Madri, um caminho foi estabelecido durante três anos acadêmicos visando uma melhoria no método tradicional de ensino com a introdução de metodologias de ação. As inovações foram baseadas na aprendizagem cooperativa, novas tecnologias e acesso contínuo às informações. Um dos principais propósitos dos autores foi de oferecer experiência de como estudantes podem ser encorajados a adquirirem habilidades atualmente demandadas para engenheiros civis sem passar por cima de treinamentos de alta qualidade. Os pesquisadores concluíram que o uso de novas técnicas de ensino para complementar a abordagem tradicional propicia mais oportunidades para que os alunos aprendam e ao mesmo tempo gerem um impulso motivacional. Reyes e Gálvez (2011) ainda destacam que as mudanças no processo do ensino resultaram em um aumento médio de aprovações de 29%.

Soibelman et al. (2011) destacam que a globalização econômica vem afetando de maneira crescente a indústria da construção e a academia. Tal fenômeno vem mudando as funções tradicionais de engenheiros civis e gestores da construção. Colaboração cultural, habilidades de comunicação e gerenciamento de equipes multinacionais, habilidade de superar desafios sociais de equipes distribuídas geograficamente, familiaridade com materiais de construção, normas e métodos de outros países são vitais para profissionais da construção modernos. Entretanto, as habilidades tradicionais e estilo de educação de engenheiros e gestores da construção não os equipam para tratar destas questões com sucesso. Portanto, os autores desenvolveram uma disciplina (Gestão da Construção Colaborativa Internacional) para educar a próxima geração de engenheiros civis com o intuito de serem mais experientes internacionalmente.

2.2.1 O ranking das universidades no mundo

Kaba (2012) apresentou uma pesquisa que analisa o ranking das 200 melhores universidades do mundo da Revista *Times Higher Education (THE)* do ano de 2009. Com base nessa análise, o estudo afirma que a THE reflete o fenômeno da hegemonia Anglo-Americana. Os Estados Unidos com 54 universidades e o Reino Unido com 29 dominaram a THE. Além disso, seis em cada dez universidades na lista das 200 melhores foram localizadas em países que foram parcial ou totalmente colonizados pelo Reino Unido. Entre os fatores citados por contribuir para que um país tivesse pelo menos uma universidade classificada na lista das 200 melhores estão: idade de uma instituição, dotação de uma instituição, o tamanho da população de uma nação, produto interno bruto (PIB) e PIB per capita, nível de comércio internacional (exportações/importações), a herança colonial, e o idioma (Inglês).

Kaba (2012) aponta que seria de se esperar que, como se tem no mínimo 238 países, territórios e entidades no mundo haveria uma distribuição quase igual das 200 melhores universidades entre quase todas estas nações. No entanto, não se deve pensar que esta será uma expectativa comum, especialmente no campo do ensino superior.

Observa-se na Tabela 2.1 que apenas 32 (13,4%) de 238 nações tinham pelo menos uma instituição classificada entre as 200 melhores universidades do mundo. Verifica-se também o número e a porcentagem de universidades por nação na lista, a localização regional de cada nação, e a classificação de cada país no Índice de Desenvolvimento Humano das Nações Unidas de 2009. Os Estados Unidos e o Reino Unido dominaram a lista, com 54 (27%) e 29 (15%) universidades respectivamente. A maioria desses 32 países foi classificada na lista de Top 50 (de um total de mais de 190 nações) de 2009 do Índice de Desenvolvimento Humano da ONU.

A população total desses 32 países em julho de 2009 foi de 3,87 bilhões (57% da população mundial total de 6,79 bilhões: compilado e calculado com base nos dados do *CIA World Factbook*, 2009). Vale notar que o tamanho da população de uma nação não deve ser muito enfatizado porque tanto a China como a Índia tinham mais de 2,3 bilhões de pessoas em 2008, mas tiveram um total de apenas oito universidades combinadas na lista, enquanto os Estados Unidos e o Reino Unido tinham uma população total de menos de 370 milhões em 2008, mas tiveram 83 universidades combinadas na lista. Além disso, os Países Baixos, com 16,7 milhões de pessoas tinham mais universidades na lista (11) do que a Alemanha, com mais de 80 milhões de pessoas com 10 universidades.

Tabela 2.1 – As 200 Melhores Universidades por Nação

Nação	Instituições (N)	%	Região Mundial	Ranking IDH da ONU em 2009
Estados Unidos	54	27	Américas	13
Reino Unido	29	15	Europa	21
Canadá	11	5,5	Américas	4
Japão	11	5,5	Ásia	10
Holanda	11	5,5	Europa	6
Alemanha	10	5	Europa	22
Austrália	9	4,5	Austrália	2
China	6	3	Ásia	92
Suíça	6	3	Europa	9
Bélgica	5	2,5	Europa	17
França	5	2,5	Europa	8
Hong Kong	5	2,5	Ásia	24
Suécia	5	2,5	Europa	7
Coréia do Sul	4	2	Ásia	26
Dinamarca	3	1,5	Europa	16
Israel	3	1,5	Ásia	27
Nova Zelândia	3	1,5	Oceania	20
Índia	2	1	Ásia	134
Irlanda	2	1	Europa	5
Noruega	2	1	Europa	1
Rússia	2	1	Europa	71
Singapura	2	1	Ásia	23
Áustria	1	0,5	Europa	14
Finlândia	1	0,5	Europa	12
Grécia	1	0,5	Europa	25
Itália	1	0,5	Europa	18
Malásia	1	0,5	Ásia	66
México	1	0,5	Américas	53
África do Sul	1	0,5	África	129
Espanha	1	0,5	Europa	15
Taiwan	1	0,5	Ásia	NA
Tailândia	1	0,5	Ásia	87
TOTAL	200	100	-	-

Fonte: Kaba (2012)

Kaba (2012) conclui sua pesquisa afirmando que a hegemonia anglo-americana parece ser relativamente bem sucedida porque um número crescente de nações no mundo, incluindo China, México, Qatar, Indonésia e Brasil estão implementando estruturas universitárias ou planos estratégicos tipo anglo-americanos.

Baty (2014) apresenta algumas críticas aos rankings apresentados por THE voltadas para o pequeno tamanho e representatividade da amostra utilizada para o levantamento da reputação acadêmica das Universidades. Todas estas preocupações foram subsequentemente destacadas por Rauhvargers (2011), que observou que os pontos de reputação no sistema de ranking

THE-QS (usado entre 2004 e 2009) foram baseados em um pequeno número de respostas: 9.386 em 2009 e 6.534 em 2008; na realidade, as 3.000 ou mais respostas de 2009 foram simplesmente adicionadas às de 2008. Rauhvargers (2011) também afirma que o número de respostas é pequeno em comparação com os 18 mil endereços de e-mail usados.

Os novos rankings do THE (publicados em setembro de 2010; outubro de 2011; outubro de 2012 e outubro de 2013) reconhecem uma gama mais ampla de atividades de diferentes universidades do mundo. Portanto, os rankings THE ainda buscam capturar toda a gama de atividades das universidades: pesquisa, ensino, transferência de conhecimento e internacionalização (Baty, 2014).

Corroborando com a pesquisa de Kaba (2012), segundo reportagem publicada em Exame (2014), as instituições de ensino superior norte-americanas e britânicas dominam o ranking de universidades do grupo britânico *Quaquarelli Symonds* (QS). No topo, aparece o *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), seguido pela Universidade de *Cambridge* e pelo *Imperial College of London*. A cidade com mais instituições entre as 100 melhores do mundo foi Londres, com 5 da lista.

Da América do Sul, nenhuma instituição garantiu classificação entre as 100 melhores. A USP, em 132º lugar, foi a mais bem classificada. A brasileira caiu cinco posições na comparação com a edição do ranking de 2013.

O grupo QS leva em conta seis indicadores para classificar as instituições: reputação da universidade entre acadêmicos (40% da nota final), a reputação entre empregadores (10% da nota final), o número de professores em comparação ao de alunos (20% da nota final), o número de pesquisas citadas em publicações de referência (20% da nota final), o número de alunos estrangeiros (5% da nota final) e o número de professores estrangeiros (5% da nota final). Apresenta-se na Tabela 2.2 o ranking das 20 melhores universidades do mundo segundo a pesquisa publicada em Exame (2014).

Tabela 2.2 – As vinte melhores universidades do mundo

Ranking	Nota	Nome da universidade	País de origem
1	100.0	Massachusetts Institute of Technology (MIT)	Estados Unidos
2	99.4	University of Cambridge	Reino Unido
2	99.4	Imperial College London	Reino Unido
4	99.3	Harvard University	Estados Unidos
5	99.2	University of Oxford	Reino Unido
5	99.2	UCL (University College London)	Reino Unido
7	98.3	Stanford University	Estados Unidos
8	97.1	California Institute of Technology (Caltech)	Estados Unidos
9	96.6	Princeton University	Estados Unidos
10	96.5	Yale University	Estados Unidos
11	95.5	University of Chicago	Estados Unidos
12	95.3	ETH Zurich (Swiss Federal Institute of Technology)	Suíça
13	94.5	University of Pennsylvania	Estados Unidos
14	94.1	Columbia University	Estados Unidos
14	94.1	Johns Hopkins University	Estados Unidos
16	92.9	King's College London (KCL)	Reino Unido
17	92.8	University of Edinburgh	Reino Unido
17	92.8	Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne	Suíça
19	92.6	Cornell University	Estados Unidos
20	92.4	University of Toronto	Canadá

Fonte: Adaptado de Exame (2014)

Observa-se nas Tabelas 2.1 e 2.2 que países da América do Sul não aparecem nos rankings apresentados. Diante do posicionamento atual das universidades brasileiras no cenário mundial, há a necessidade do desenvolvimento de novas metodologias e técnicas de divulgação de informação vinculadas à rede mundial (Internet) visando ao reconhecimento global. Com esta estratégia, tenta-se buscar alternativas para melhorar a classificação geral das universidades brasileiras no ranking internacional.

Lelis (2009) sugere em sua pesquisa a consolidação de uma linha de pesquisa vinculada à Educação sob o foco da Engenharia Civil, articulando-a com os demais cursos da universidade aderentes à temática. Buscou-se então utilizar esta sugestão como uma das principais motivações no desenvolvimento deste trabalho.

2.2.2 E-learning: definições e ambientes de aprendizagem

De acordo com Ozdemir e Abrevaya (2007), o *e-learning* faz uso de tecnologias da computação para criar e entregar ambientes de aprendizagem que incluam uma grande gama de instruções, fontes de informações e soluções, com meta principal de melhorar o desempenho individual e organizacional de uma instituição. O termo “*e-learning*” também

pode ser utilizado para: englobar aprendizado e treinamento via computação; melhorar o aprendizado por meio da tecnologia; proporcionar aprendizado por meio da tecnologia; educar via web ou ambiente de aprendizagem virtual.

O *e-learning* tem atraído interesse considerável proporcionando uma variedade de benefícios para alunos, instituições de ensino e organizações da seguinte maneira: remoção das barreiras de espaço e tempo no desenvolvimento de habilidades e conhecimento; adaptação da aprendizagem “*just-in-time*”; adequação de acesso conveniente; criação de processos de aprendizagem flexíveis; permissão da atualização de conteúdo em tempo real, de modo a evitar o excesso de informações; redução de custos de viagem e transportes para treinamentos fora do trabalho; facilitação da interconectividade de pessoas para a transferência de conhecimento.

Wang e Shen (2012) destacam que um ambiente de aprendizagem pode ser classificado de duas formas: formal e informal. A educação formal ocorre por meio da gestão de um professor (e geralmente em um ambiente construído especificamente para esta finalidade). Por outro lado, a aprendizagem informal ocorre por meio da autogestão do aprendiz em ambientes variados. Em contextos de educação formal, a conveniência fornecida por tecnologias móveis reforça a ligação entre o aluno e o conteúdo que, em termos de *behaviorismo*, é descrito como "estímulo e resposta". O ambiente formal também aumenta a interação entre alunos e professores. Se *designers* instrucionais conseguirem aperfeiçoar o tempo, sequência e tecnologia, conteúdos educativos podem ser empurrados para terminais móveis dos alunos de forma a promover uma melhor resposta e autonomia de aprendizagem.

Cukusic, Alfirevic, Granic e Garaca (2010) desenvolveram um modelo compreensível de gerenciamento do processo do *e-learning* e definiram uma relação sistemática entre a implementação do modelo, resultados de alguns aspectos do *e-learning* e assuntos sobre o tema. A validação do modelo foi feita por meio da aplicação de dois questionários enviados via *E-Mail* para professores e especialistas em campo de uma amostra de 14 escolas europeias. Os resultados da pesquisa indicaram a existência de um vínculo claro entre o planejamento e controle do processo do *e-learning* e seus resultados de aprendizagem. Por outro lado, os autores destacam que nenhuma relação empírica entre resultados do *e-learning* e o assunto sendo aprendido foi estabelecido.

Tsai (2011) aponta que no contexto do *e-learning*, diversas teorias de aprendizagem de salas de aula físicas como aprender em uma comunidade adaptativa, colaborativa e aprendizagem por cenário tem sido adotadas e validadas. Com base nestas teorias de educação, o autor explorou, desenvolveu e avaliou uma plataforma eletrônica e uma série de procedimentos para aplicar um modelo híbrido de *e-learning* em um curso de treinamento industrial.

Decman (2015) destaca que sistemas e tecnologias de *e-learning* estão fazendo um papel crescente em diferentes ambientes educacionais em todo o mundo. A aceitação de tais tecnologias é testada com diferentes modelos que utilizam diferentes critérios. Entre eles, a Teoria Unificada de Aceitação e Uso da Tecnologia – *Unified Theory of Acceptance and Use of Technology* (UTAUT). A UTAUT é uma das teorias mais estudadas, mas sua validação ainda deve ser testada em ambientes de *e-learning*. O principal motivo da pesquisa de Decman (2015) foi de avaliar a adequação do UTAUT dentro de um ambiente específico de *e-learning* para ensino superior e pesquisar a influência de gênero e educação anterior dos estudantes na aceitação e uso da tecnologia. A pesquisa incluiu o método de coleta de dados por meio de questionário, análise de fatores e modelagem estrutural de equação. Os resultados da pesquisa provaram a aplicabilidade geral do modelo UTAUT em ambientes de *e-learning* e demonstram que a influência social e expectativa de desempenho influenciam significativamente a intenção de usar a tecnologia. Por fim, a pesquisa sugere que pessoas jovens pensam que conseguem manusear bem a tecnologia moderna e estão preparadas para usá-la apenas se um aumento do desempenho for vislumbrado.

2.3 ABORDAGEM BASEADA NO SISTEMA DINÂMICO DE MODELAGEM

Moyano e Richardson (2013) exploraram opiniões de especialistas na área sobre as melhores práticas de modelagem em sistemas dinâmicos. Os resultados da pesquisa incluíram as 72 melhores práticas de modelagem em sistemas dinâmicos que foram agrupadas em 6 categorias ou estágios do sistema dinâmico de modelagem. Apresenta-se no Quadro 2.1 diferentes abordagens para o processo de modelagem de sistemas dinâmicos.

Quadro 2.1 - Estágios do processo de modelagem de sistemas dinâmicos

Randers (1980, p.119)	Richardson e Pugh (1981, p.16)	Sterman (2000, p. 86)	Moyano e Richardson (2013)
Conceituação	Definição e identificação do problema	Articulação do problema (seleção da fronteira)	Definição e identificação do problema
Formulação	Conceituação do sistema	Formulação da hipótese dinâmica	Conceituação do sistema
Testes	Análise do comportamento do modelo	Formulação de um modelo de simulação	Formulação do modelo
Implementação	Avaliação do modelo	Testes	Avaliação e teste do modelo
	Análise da concepção	Avaliação da concepção do design	Uso, implementação e disseminação do modelo
	Implementação ou uso do modelo		Design da Estratégia de Aprendizagem/Infraestrutura

Fonte: Adaptado de Moyano e Richardson (2013)

Apresenta-se na Figura 2.2 uma visão geral da abordagem da modelagem de sistemas dinâmicos adaptada de Richardson e Pugh (1981).

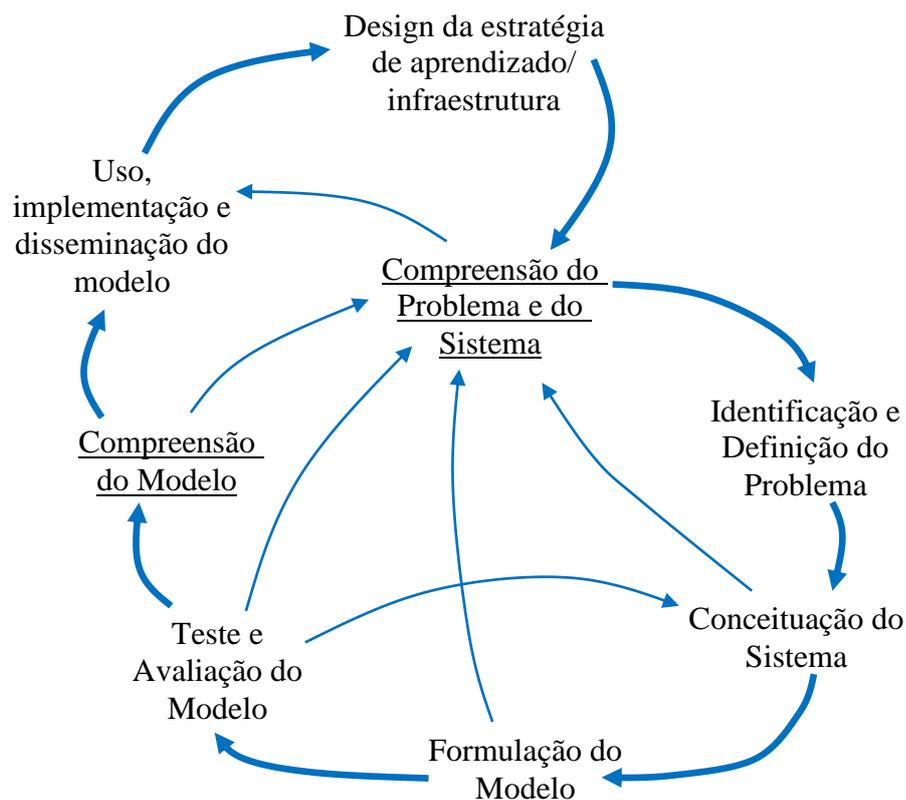


Figura 2.2 – Visão geral da abordagem da modelagem de sistemas dinâmicos

Fonte: Adaptado de Richardson e Pugh (1981)

O *system dynamics* (SD), introduzido por Forrester (1961), é uma metodologia de simulação orientada objetivamente possibilitando a modelagem de sistemas complexos considerando todos os fatores de influência (Khanzadi *et al.*, 2012). A abordagem que utiliza o SD fornece um método rigoroso para descrição, exploração e análise de sistemas complexos.

Um sistema dinâmico é aquele no qual as variáveis interagem para simular mudanças ao longo do tempo (Mawdesley e Al-Jibouri, 2010). A modelagem utilizando SD é útil para a gestão e simulação de processos com duas grandes características: envolvem mudanças ao longo do tempo e permitem *feedback*, também classificado como transmissão e recepção de informações (Richardson e Pugh, 1981).

Muito da arte de modelagem em SD serve para descobrir e representar o processo de *feedback* que, juntamente com os diagramas de fluxos estruturais, atrasos e não-linearidades, determinam a dinâmica do sistema (Sterman, 2000).

Diversas ferramentas de diagramação são usadas em SD para capturar a estrutura de sistemas, incluindo diagramas de laço causal, estoques e fluxos (*loops*). Em cadanexo de causalidade atribui-se uma polaridade, seja positiva ou negativa, para indicar como a variável dependente muda quando variáveis independentes mudam. Os *loops* são realçados por um identificador de circuito que mostra se o circuito apresenta um *feedback* positivo ou negativo (Nasirzadeh e Nojedehi, 2012).

Cursos sobre sistemas dinâmicos são ministrados em dezenas de universidades em todo o mundo. No entanto, apenas um pequeno número de instituições oferece cursos suficientes para graus completos em sistemas dinâmicos. Na maioria dos casos, o currículo de sistemas dinâmicos é parte de um currículo maior em uma escola de, por exemplo, Negócios e Políticas Públicas. Em poucos casos, o currículo de sistemas dinâmicos é parte de um programa maior de “sistemas científicos” que abrange uma ampla variedade de diferentes abordagens de modelagem. Esses programas que oferecem cursos substanciais sobre sistemas dinâmicos e um grau intitulado “Sistemas Dinâmicos” são raros (Pavlov, Doyle, Saeed, Lyneis e Radzicki, 2014).

Nasirzadeh e Nojedehi (2012) apresentaram uma estrutura complexa inter-relacionada de diferentes fatores que afetam a produtividade no trabalho utilizando o diagrama de *loop* causal (*causal loop diagram - CLD*) que faz parte da modelagem de sistemas dinâmicos. Said (2013) define o diagrama de loop causal como um método qualitativo para mapeamento e visualização de *loops* de *feedback* e dependências entre as variáveis de um sistema e explicitamente mapeando o nosso entendimento do sistema. O desenvolvimento do CLD envolve um processo iterativo composto por dois componentes: elementos e influências. O diagrama também torna possível a outras pessoas ver o pensamento e a lógica utilizada em um determinado projeto.

Outra forma de apresentar modelos de sistemas dinâmicos é por meio do diagrama de estoques e fluxos (*stock and flow diagram – SFD*) que pode ser considerado como uma tradução do CLD segundo Said (2013). Apresenta-se na Figura 2.3 uma representação simplificada dos modelos CLD e SFD conforme apresentado por Said (2013).

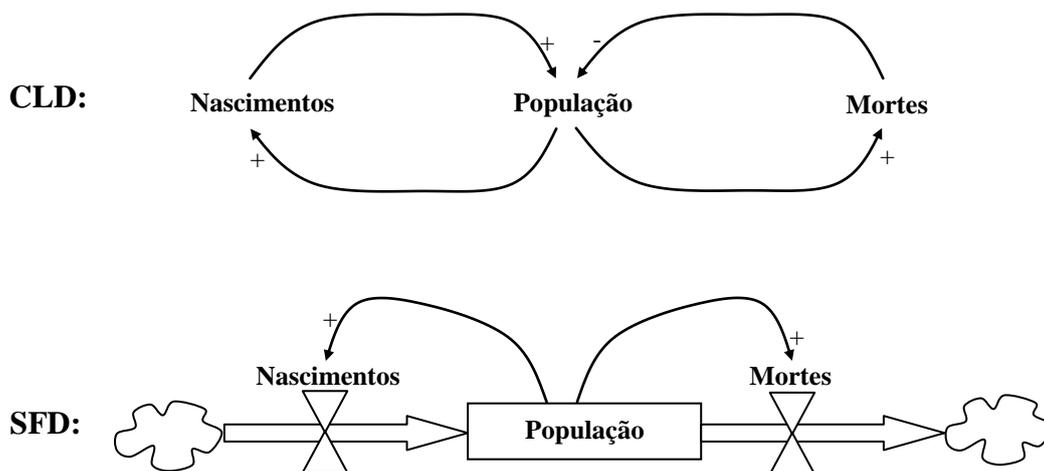


Figura 2.3 – Modelos CLD e SFD utilizados em sistemas dinâmicos de modelagem

Fonte: Said (2013)

Vale ressaltar que neste trabalho foram utilizados apenas modelos CLD para estruturar a ferramenta proposta na pesquisa, pois sua representação gráfica é menos complexa (possui uma quantidade menor de símbolos) do que as estruturas do SFD facilitando assim o entendimento da lógica do sistema.

Moyano e Richardson (2013) apresentaram um resumo das afirmações das melhores práticas de modelagem de sistemas dinâmicos classificando-as como de alta importância e alta concordância entre os especialistas. Esse resumo é apresentado no Quadro 2.2.

Quadro 2.2 - As melhores práticas de sistemas dinâmicos de modelagem

Estágio ou fase	Afirmações tipo regra (prescritivo)
(1) Na definição e identificação do problema exemplar, você deverá:	<p>1.1 Conversar com os donos dos problemas (clientes) e ouvir, cuidadosamente e de maneira reflexiva, para identificar e entender o problema.</p> <p>1.2 Esclarecer explicitamente e declarar o motivo do esforço de modelagem (ex. desenvolvimento de uma estratégia; construção de teoria; educação; treinamento; análise política, entre outros).</p> <p>1.3 Identificar os modos de referência de processos centrais a serem estudados com o propósito de esclarecer expectativas de comportamento futuro.</p> <p>1.4 Descobrir por que o comportamento atual de variáveis-chave encontra-se da maneira que estão e o motivo desta causa.</p> <p>1.5 Formular uma hipótese dinâmica.</p>
(2) Na conceituação do sistema exemplar, você deverá:	<p>2.1 Abordar o processo de conceituação de maneira criativa e de diferentes ângulos, evitando uma rígida separação da identificação e conceituação de estágios.</p> <p>2.2 Gerar um diálogo com os donos dos problemas que têm como foco seus modelos mentais e na hipótese dinâmica.</p> <p>2.3 Identificar as acumulações críticas (estoques) que descrevem o sistema, assegurando que seus nomes são substantivos – não verbos ou frases de ação.</p>
(3) Na formulação do modelo exemplar, você deverá:	<p>3.1 Desenvolver a estrutura por meio de uma série de modelos mais simples e compreensíveis, adicionando detalhes quando for necessário para melhorar o realismo e apresentar impactos na política.</p> <p>3.2 Formular equações que façam sentido, cuidadosamente suportadas por variáveis e parâmetros com dados ou experiência e assegurando que todos possuem significados na vida real.</p> <p>3.3 Assegurar que o modelo sempre apresente consistência dimensional.</p>
(4) Na avaliação e teste do modelo exemplar, você deverá:	<p>4.1 Comparar comportamentos simulados em amostras com comportamentos reais (dados) utilizando medidas estatísticas de padrão de ajuste, não usar ajuste ponto-a-ponto.</p>
(5) No uso, implementação e disseminação do modelo exemplar, você deverá:	<p>5.1 Assegurar que todo o processo de modelagem gira em torno dos problemas de interesse do público (dono do problema, cliente, entre outros).</p>
(6) No design da estratégia de aprendizagem/infraestrutura, você deverá:	<p>6.1 Utilizar diagramas simplificados de laço-causal (CLD) para contar histórias do sistema de diversas maneiras, em vez de depender do modelo para contar sua própria história.</p>

Fonte: Adaptado de Moyano e Richardson (2013)

Nasirzadeh, Khanzadi e Rezaie (2013) apresentaram um modelo de abordagem integrada do tipo *fuzzy*-SD para alocação quantitativa de riscos. Todos os fatores que afetam o processo de

alocação de riscos foram modelados utilizando a abordagem de sistemas dinâmicos. A lógica *fuzzy* foi integrada na estrutura da modelagem do sistema dinâmico para dar conta ou cobrir as incertezas existentes. Utilizando o modelo integrado proposto, os autores simularam o custo de um projeto em diferentes porcentagens de alocação de riscos. Para avaliar o desempenho da abordagem utilizada, o conceito foi empregado em um projeto de um túnel de transmissão de água. A alocação de risco quantitativa foi realizada para o risco de "enfrentar materiais soltos", que é um dos mais significativos riscos identificados. Usando a abordagem integrada proposta, o custo do projeto e também o percentual ideal de alocação de riscos foram determinados como um número *fuzzy* (*distorcido*). Finalmente, o número alcançado para alocação percentual de risco foi *defuzzified* (*desdistorcido*) e um valor nítido para o percentual ideal de alocação de riscos foi determinado.

A implementação da abordagem integrada *fuzzy-SD* proposta ilustrou a eficácia do método para determinar o percentual ótimo de alocação de riscos. Acredita-se que a proposta pode apresentar um método flexível e robusto para alocação de riscos quantitativo desde a complexa estrutura inter-relacionada de fatores influentes, as estratégias defensivas dos empreiteiros e as incertezas existentes levadas em conta (Nasirzadeh, Khanzadi e Rezaie, 2013).

2.4 ABORDAGEM COM BASE NO *DESIGN SCIENCE RESEARCH*

Holmstrom, Ketokivi e Hameri (2009) fazem uma abordagem com foco principal no descobrimento e resolução de problemas em vez do acúmulo de conhecimento teórico sob a ótica do design (*design science*). Os autores exploram formas na qual a pesquisa para resolução de problemas possa complementar os estudos acadêmicos orientados com fundamentos teóricos. Os autores destacam a seguinte questão principal: como é possível melhorar a troca de informações entre a pesquisa acadêmica e o trabalho prático para tornar descobertas teóricas e práticas complementares? Os pesquisadores propõem uma abordagem baseada no *design science* para ligar a prática na teoria em vez da teoria na prática na gestão de operações.

O *design science* ou exploração por design é fundamentalmente diferente de ambas as abordagens de construção e avaliação teórica, que são modeladas com base nas ciências naturais e buscam explicações baseadas na observação. Esta ciência busca explorar novas alternativas de soluções para a resolução de conflitos; explicar e melhorar o processo utilizado. As pesquisas que adotam a ciência do design podem ser conduzidas de diferentes formas como: ciência e pesquisa ação, pesquisa ação com inovação, pesquisa ação participativa, estudo de caso participativo, parcerias entre indústria e academia e similares. O objetivo comum de todas as pesquisas é desenvolver “meios para o fim”, uma ferramenta para resolver um problema. Os meios desenvolvidos ou o fim devem trazer alguma novidade segundo Holmstrom, Ketoviki e Hameri (2009). De acordo com Allen, Colligan, Finnie e Kern (2000), a pesquisa ação deverá focar explicitamente no desenvolvimento (*design*) e implementação de meios para um fim para ser considerado ciência do design (*design science research*).

Ainda segundo Holmstrom, Ketokivi e Hameri (2009) a diferença filosófica fundamental entre a pesquisa exploratória e a pesquisa explanatória é que em um trabalho explanatório, o fenômeno a ser estudado já existe e o objetivo do pesquisador é desenvolver o entendimento do fenômeno. Por outro lado, no estudo exploratório e no *design science*, o fenômeno deverá ser criado antes de ser avaliado. A criação de fenômenos artificiais ou simplesmente artefatos (exemplo: tecnologias) são essenciais. Conseqüentemente, enquanto ambas as estratégias de trabalho incorporam um forte foco empírico em que as conclusões devem ser baseadas em dados, o pesquisador de design deverá primeiramente criar o fenômeno artificial para que os dados a serem analisados sejam obtidos. Os cientistas voltados para o *design science* interessam-se em criar artefatos para solucionar problemas práticos. Em outras palavras, o pesquisador preocupa-se principalmente em melhorar a prática tendo um interesse de estudo pragmático.

Apresenta-se no Quadro 2.3 uma comparação entre pesquisa exploratória (*design science*) e estudo explanatório (*theoretical science*) conforme apresentado por Holmstrom, Ketokivi e Hameri (2009).

Quadro 2.3 – Pesquisas exploratórias e explanatórias

Item	Pesquisa Exploratória (<i>Design science</i>)	Pesquisa Explanatória (<i>Theoretical Science</i>)
O fenômeno	“fenômeno artificial” deverá ser criado pelo pesquisador	“já existe por aí”
Dados	Criados, coletados e analisados	Coletados e analisados
Produto final	Resolver um problema	Teoria explanatória, previsão
Interesse do conhecimento	Pragmático	Cognitivo/teórico
Base disciplinar	Engenharia, fundamentalmente multidisciplinar	Ciências naturais e sociais, principalmente unidisciplinares

Fonte: Holmstrom, Ketokivi e Hameri (2009)

Ressalta-se que a exploração e a explanação não são mutuamente exclusivos, ao contrário, ambos são essenciais e altamente complementares. Estudos exploratórios complementam as pesquisas explanatórias por produzirem artefatos que podem ser utilizados com matéria prima no trabalho de avaliação. Produção enxuta, sistemas de planejamento de recursos de empresas e identificação de radiofrequência (RFID), entre outros artefatos, foram desenvolvidos – principalmente por não acadêmicos – como tentativas de solucionar problemas gerenciais. Entretanto, são estes artefatos que os pesquisadores de avaliação estudam no desenvolvimento e teste de suas teorias. As funções complementares das pesquisas exploratórias e explanatórias segundo Holmstrom, Ketokivi e Hameri (2009) são apresentadas no Quadro 2.4.

Quadro 2.4 – Elaboração de pesquisa exploratória e explanatória

Tipo de Pesquisa	Exploração (<i>Design science</i>)		Explanação (<i>Theoretical Science</i>)	
	Fase da Pesquisa	1. Incubação da solução	2. Refinamento da solução	3. Teoria substantiva
Meios	Identificação de metas interessantes. Situações e possíveis soluções; verificação de domínios de conhecimento paralelos; pensamento interdisciplinar.	Refinamento do design da solução inicial; resolver o problema. Implementação de designs de solução; confirmação de consequências intencionais; cooptação de consequências não intencionais; iteração entre os designs da solução, implementação e avaliação; raciocínio indutivo e dedutivo.	Desenvolvimento de teoria substantiva; estabelecer relevância teórica. Reflexão teórica da solução de design refinada; ligação da solução de design com um programa de pesquisa e discurso teórico; raciocínio indutivo e dedutivo; construção de hipótese.	Desenvolvimento de teoria formal; fortalecimento da generalização teórica e estatística. Exame teórico e empírico de contingências relevantes; desenvolvimento de representações formais da solução do design; implementação e refinamento da solução do design em múltiplos contextos; raciocínio indutivo e dedutivo, construção e teste de hipótese.
Interesse do conhecimento e abordagem da pesquisa	Pragmático; pesquisa ação; subjetivo	Pragmático; pesquisa ação; subjetivo e intersubjetivo	Cognitivo e pragmático; pesquisa de avaliação; intersubjetivo	Cognitivo; pesquisa de avaliação; intersubjetivo
Exemplos	Trovinger e Bohn (2005)	Greasley (2005)	Ketokivi & Jokinen (2006); Upton (1997)	Williamson (1996); Donaldson (2001)

Fonte: Holmstrom, Ketokivi e Hameri (2009)

Wang, Vogel e Ran (2011) utilizaram a metodologia de pesquisa do *design science* para desenvolver uma abordagem orientada em desempenho visando motivar a aprendizagem de trabalhadores por meio de um ambiente de *e-learning*. O ambiente utilizou medidas de desempenho de trabalhadores para esclarecer metas organizacionais e necessidades de aprendizagem individuais tendo estabelecido uma conexão com aplicações de *e-learning*. O conceito chave foi embasado em um modelo chamado Indicador de Desempenho Chave em que a missão e visão organizacional foram traduzidas em uma série de alvos que levam ao aprendizado com base na principal meta de melhorar o desempenho no trabalho. Para demonstrar e avaliar a eficiência da abordagem, os autores desenvolveram um protótipo de um sistema de trabalho via *e-learning*.

Pesquisas com base no *design science* exigem a identificação de um problema organizacional; desenvolvimento e apresentação de um artefato; avaliação da sua utilidade; articulação do valor adicionado à base do conhecimento e explicação de suas implicações. É necessário não apenas uma, mas uma série de abordagens metodológicas como questionários, estudos de caso, entrevistas, avaliações e análises comparativas (Wang, Vogel e Ran, 2011).

Gregor e Hevner (2013) destacam que o *design science research* (DSR) precisa atingir seu impacto potencial máximo no desenvolvimento e uso de sistemas de informação devido à lacunas no entendimento e aplicação de conceitos e métodos do DSR. Os autores auxiliam pesquisadores a: apreciar os níveis de abstrações de artefatos que podem ser contribuições do DSR; identificar maneiras adequadas de consumir e produzir conhecimento no preparo de artigos ou outros trabalhos acadêmicos; entender e posicionar as contribuições de conhecimento de projetos de pesquisa; e estruturar um artigo de DSR enfatizando as contribuições relevantes para a base do conhecimento. Os pesquisadores apresentam suas principais contribuições sobre o DSR em duas dimensões baseadas no conhecimento existente em ambos os domínios (problema e solução).

Um dos principais atributos deste trabalho foi a exploração de casos práticos em uma obra real em Brasília – DF, vinculando-os à ferramenta desenvolvida durante esta pesquisa. Considerou-se assim a própria ferramenta como o artefato descrito por Holmstrom, Ketokivi e Hameri (2009), medindo e apresentando os resultados do seu uso conforme apresentado na Seção 4 deste trabalho.

2.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Liu, Hodgson e Lord (2010) relatam que a eficácia do *e-learning* depende do suporte tecnológico, cultura institucional, desenvolvimento de equipe, receptividade e comportamentos de aprendizagem dos estudantes. A relação entre a cultura do *e-learning* e questões de entregas culturais são importantes quando os alunos esperam por uma interatividade *on line*. Os autores propõem uma estrutura de pesquisa para investigar a atual difusão do *e-learning* em programas de ensino superior no Reino Unido relacionados com

construção. Os pesquisadores também estudaram o efeito da cultura organizacional no comportamento de aprendizagem dos alunos e na eficácia do *e-learning*.

Para construir uma ferramenta de *e-learning* informal conforme apresentado neste trabalho, recomenda-se a utilização de conceitos relacionados a estruturas analíticas e escopos de projetos. Segundo o PMI (2013), o gerenciamento do escopo de um projeto inclui os processos necessários para assegurar que o projeto seja concluído com sucesso. O gerenciamento do escopo do projeto está relacionado principalmente com a definição e controle do que está e do que não está incluso no projeto.

Dá-se o nome de escopo ao conjunto de componentes que perfazem o produto e os resultados esperados do projeto. Em outras palavras, é a abrangência, o alcance do projeto como um todo. Para se planejar uma obra é preciso subdividi-la em partes menores. Esse processo é chamado de decomposição (Mattos, 2010).

A estrutura analítica de projeto (EAP) é uma decomposição hierárquica do escopo total do trabalho a ser executado pela equipe, a fim de alcançar esses objetivos e criar as entregas requeridas. A EAP organiza e define o escopo total do projeto e representa o trabalho especificado na atual declaração aprovada do projeto (PMI, 2013).

O trabalho planejado é contido dentro dos componentes de nível mais baixo da EAP, que são chamados de pacotes de trabalho. Cada um desses pacotes pode ser usado para agrupar as atividades onde este é agendado com custo estimado, monitorado e controlado. No contexto da EAP, o trabalho se refere a produtos ou entregas, que são o resultado da atividade e não a atividade propriamente dita.

Utilizando os conceitos do SDM e DSR com uma organização facilitada pelo uso de estruturas analíticas de projeto (EAP), buscou-se o desenvolvimento da ferramenta proposta neste trabalho conforme apresentado nas Seções 3 e 4. A ferramenta visa contribuir com um ambiente de aprendizagem *on line* informal voltado para a indústria da construção civil no Brasil.

3 MÉTODO DE PESQUISA

“Há mais pessoas que desistem, do que pessoas que fracassam.” (Henry Ford)

A natureza do problema e da questão de pesquisa em estudo neste trabalho, a estratégia de desenvolvimento de estudos com base no *system dynamics modeling* (SDM) e sua junção com o *design science research* (DSR) apresentaram-se como desafios para o desenvolvimento de um processo de pesquisa que viesse a atender aos critérios de qualidade de confiabilidade, validade e objetividade, e que constituísse, ao mesmo tempo, uma contribuição relevante para o conhecimento científico.

Neste capítulo, apresenta-se o método por meio da descrição do processo de trabalho a partir da primeira questão de pesquisa, acompanhado dos detalhamentos quanto aos procedimentos adotados em cada etapa, como as melhores práticas de sistemas dinâmicos de modelagem proposto por Moyano e Richardson (2013) e outros pesquisadores. Com o uso das técnicas do SDM e as suas melhores práticas em conjunto com os conceitos do DSR, buscou-se desenvolver a ferramenta proposta nesta pesquisa: o *website* www.construcaocivil.info.

3.1 ESTRATÉGIA GERAL DA PESQUISA

A questão de pesquisa inicial, enunciada nas Seções 1 e 2, aponta discussões atuais sobre o *e-learning* conforme apresentado por Fuchs, Muscogiuri, Niederée e Hemmje (2004); Gasevic, Jovanovic e Devedzic (2007); Jovanovic *et al.* (2007); Hendaoui, Limayem e Thompson (2008); De Lucia, Francese, Passero e Tortora (2008); Ali, Asadi, Gasevic, Jovanovic e Hatala (2013); Chen e Lin (2014); Khan, Wohn e Ellison (2014); Wang, Hsu, Reeves e Coster (2014); Valiente, Merino, Leony e Kloos (2015) e também Wang e Shen (2012) destacando as crescentes demandas de uma sociedade baseada em conhecimento e os avanços da tecnologia de telefones celulares para estimular o crescimento da aprendizagem via telefone celular ou *mobile learning* (*m-learning*).

3.1.1 Caracterização da pesquisa

Com a inserção de novas tecnologias de *e-learning* e *m-learning*, buscou-se incorporar estes novos conceitos em uma ferramenta onde fosse possível a divulgação de informações de parte da complexa cadeia da indústria da construção civil conforme destacado por Mello e Amorim (2009). Para a montagem desta ferramenta, tomou-se como base os principais conceitos de *system dynamics modeling* (SDM), conforme apresentado por pesquisadores como Nasirzadeh e Nojedehe (2012) e Moyano e Richardson (2013), bem como do *design science research* (DSR), de acordo com Holmstrom, Ketokivi e Hameri (2009); Wang, Vogel e Ran (2011) e Gregor e Hevner (2013). Então, desenvolveu-se uma ferramenta computacional seguida da realização de implementação de estudos de casos exploratórios.

3.1.2 População e amostra

Esta pesquisa também visa propor uma integração entre as disciplinas pertinentes do curso de Engenharia Civil (base UnB e USP) com a ferramenta desenvolvida neste trabalho. A integração das disciplinas se dará por meio da organização das disciplinas apresentadas no Apêndice C dentro da ferramenta. A escolha da USP e da UnB como referência principal na lista de disciplinas foi feita tomando por base ser a USP uma das universidades brasileiras com melhor classificação nos Rankings THE e QS e ser a UnB a universidade onde a maior parte do trabalho foi realizado.

Os questionários apresentados nos Apêndices A e B foram aplicados em um número limitado de profissionais (10 profissionais) e estudantes de Engenharia Civil da Universidade de Brasília (35 estudantes da turma de Planejamento e Controle de Construções do segundo semestre de 2015). Esta foi a quantidade de profissionais e estudantes que o autor teve possibilidade de ter contato durante a elaboração deste trabalho. Vale ressaltar que os questionários utilizados não foram validados (ex. não foi utilizada a escala de Likert para análises estatísticas ou técnicas de análise de variância como o teste de Mann Whitney ou o teste de Kruskal Wallis). Também não foi feito o teste do Qui-Quadrado para análise dos dados gerados pela aplicação dos questionários utilizados neste trabalho. Portanto, os questionários utilizados nesta pesquisa serviram apenas como fonte de avaliação da ferramenta por profissionais e estudantes.

3.1.3 Instrumentos de coleta de dados

Os principais instrumentos de coleta de dados utilizados na pesquisa foram: literatura nacional e internacional; os ensaios de laboratório realizados em diferentes materiais de construção na Universidade de Brasília (LEM - UnB) conforme apresentados nos Apêndices E até K; uma obra real em Brasília-DF; dados gerados pelo *Google Analytics* conforme apresentado no Apêndice D; dados gerados pela aplicação de questionários de avaliação da ferramenta proposta neste trabalho conforme apresentado nos Apêndices A e B.

3.1.4 Critérios para análise dos dados

Os principais critérios para análise dos dados gerados após o lançamento da ferramenta foram:

- (a) Critérios e dados gerados pelo *Google Analytics* conforme apresentado no Apêndice D;
- (b) Dados gerados pela aplicação de questionários de avaliação da ferramenta em profissionais e estudantes conforme apresentado nos Apêndices A e B.

3.2 DELINEAMENTO DO PROCESSO DE PESQUISA

Apresenta-se na Figura 3.1 as etapas do processo de pesquisa. Cada caixa apresentada na figura corresponde a uma etapa de desenvolvimento do trabalho. O principal processo de pesquisa utilizado neste estudo foi o somatório da abordagem de modelagem de sistemas dinâmicos (SDM), *design science research* (DSR) e a elaboração de modelos de EAP para a construção civil predial no Brasil. O somatório de abordagens foi chamado de abordagem SDM-DSR.

Com base nas necessidades apontadas nas pesquisas de Lelis (2009); Holmstrom, Ketokivi e Hameri (2009); Wang, Vogel e Ran (2011); Gregor e Hevner (2013) e Pavlov et al (2014) e utilizando os conceitos apresentados por Nasirzadeh e Nojedehe (2012) e Moyano e Richardson (2013), definiu-se neste trabalho uma visão sistêmica global (macro) e uma visão sistêmica pontual (micro) ambas utilizando a abordagem SDM-DSR.

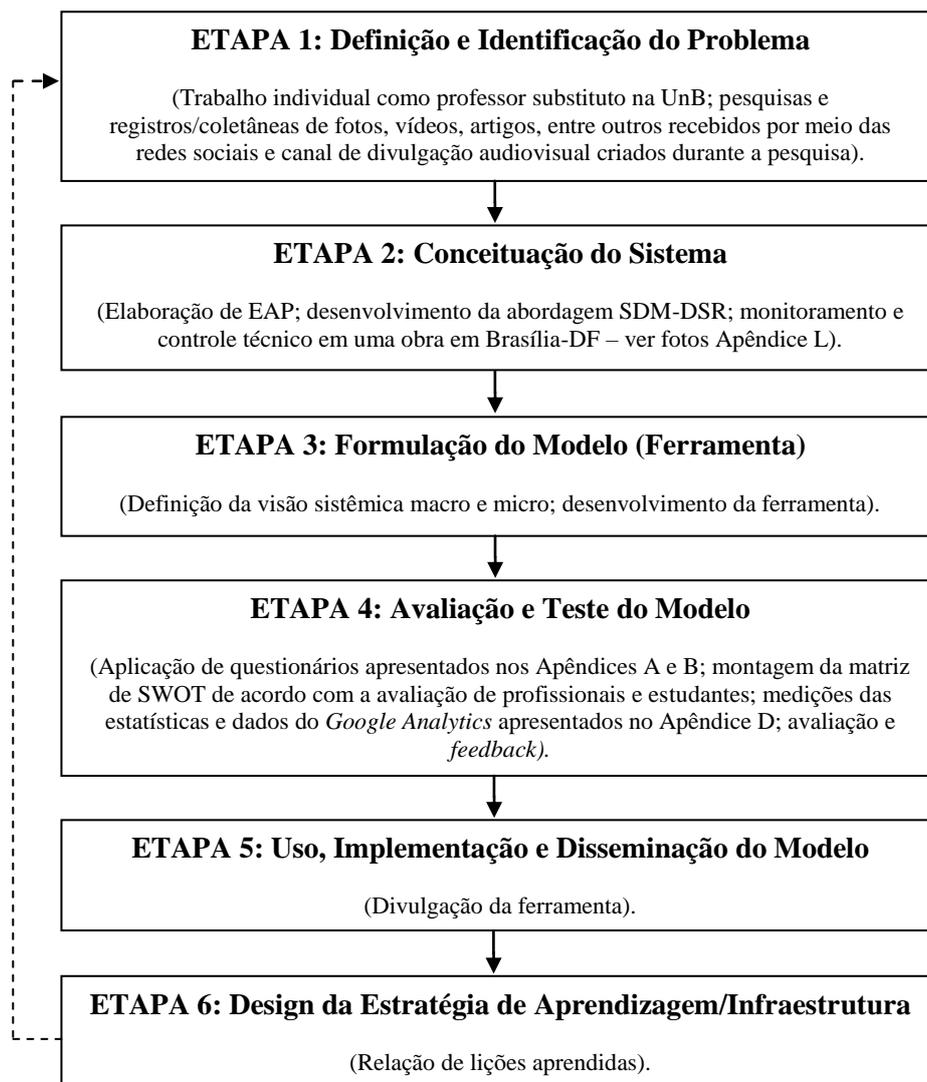


Figura 3.1 – Os diferentes estágios do método adotado no trabalho

3.3 PRIMEIRA ETAPA: DEFINIÇÃO E IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA

O autor deste trabalho exerceu o cargo de Professor Substituto da Universidade de Brasília (UnB) no departamento de Engenharia Civil e Ambiental de fevereiro de 2014 a janeiro de 2015. Teve, com isso, a oportunidade de poder usufruir do contato direto e de entabular conversações com diversos alunos da universidade. As disciplinas ministradas durante o período mencionado foram: Planejamento e Controle de Construções e Materiais de Construção Experimental I. A primeira etapa da pesquisa foi desenvolvida com a oitava cuidadosa e reflexiva os alunos de Engenharia Civil da Universidade de Brasília (turma de

Planejamento e Controle de Construções do segundo semestre de 2015) e também de outros profissionais da indústria da construção civil no Brasil.

Com a experiência de professor substituto, foi possível efetuar pesquisas, realizar e organizar registros de fotos, vídeos, artigos e outros meios que facilitassem a compreensão dos conceitos ministrados nas disciplinas de Planejamento e Controle de Construções e Materiais de Construção Civil Experimental I. Iniciou-se, então, um trabalho envolvendo as redes sociais e canal de divulgação de conteúdo audiovisual *on line* disponível como mais uma ferramenta/sistema de interação com os alunos da Universidade de Brasília.

Apresenta-se no Quadro 3.1 o resumo de como as melhores práticas de sistemas dinâmicos de modelagem propostas por Moyano e Richardson (2013) foram aplicadas na Etapa 1 da pesquisa.

Quadro 3.1 - As melhores práticas de SDM aplicadas na Etapa 1

Estágio ou fase	Afirmações tipo regra (prescritivo)	Como o método proposto por Moyano e Richardson (2013) foi aplicado na pesquisa
(1) Definição e identificação do problema	1.1 Conversar com os donos dos problemas (clientes) e ouvir, cuidadosamente e de maneira reflexiva, para identificar e entender o problema. 1.2 Esclarecer explicitamente e declarar o motivo do esforço de modelagem (ex. desenvolvimento de uma estratégia; construção de teoria; educação; treinamento; análise política, entre outros). 1.3 Identificar os modos de referência de processos centrais a serem estudados com o propósito de esclarecer expectativas de comportamento futuro. 1.4 Descobrir por que o comportamento atual de variáveis chave encontra-se da maneira que estão e o motivo desta causa. 1.5 Formular uma hipótese dinâmica.	1.1 Conversações com os alunos de Engenharia Civil da UnB e profissionais da construção civil (donos dos problemas). 1.2 Desenvolvimento de uma ferramenta (<i>website</i>) integrada com as redes sociais e canal de divulgação de conteúdo audiovisual para divulgação de informações relacionadas à construção civil predial no Brasil. 1.3 Publicação de conteúdo organizado na ferramenta proposta e as expectativas de comportamento futuro são baseadas na adoção da ferramenta por estudantes e profissionais da indústria da construção civil no Brasil. 1.4 Existem poucas ferramentas de motivação para informação de conceitos relacionados à construção civil predial no Brasil. 1.5 A ferramenta elaborada terá um crescimento contínuo no Brasil.

3.4 SEGUNDA ETAPA: CONCEITUAÇÃO DO SISTEMA

Na Segunda Etapa da pesquisa, buscou-se abordar o processo de conceituação do sistema de maneira criativa e em diferentes ângulos por meio da integração de variadas redes sociais e de um canal de divulgação de conteúdo audiovisual. O objetivo principal com esta integração foi a busca da troca de informações (ex. resultados de ensaios de materiais de construção em laboratório e outros conteúdos ministrados em diversas disciplinas) entre os estudantes e demais usuários do sistema que estava sendo montado.

Para gerar um diálogo com os donos dos problemas, que tem como foco seus modelos mentais buscou-se a interação dos usuários das redes sociais direcionando-os para a ferramenta proposta neste trabalho.

Na identificação das acumulações críticas (estoques) que descrevem o sistema, assegurando que seus nomes são substantivos – não verbos ou frases de ação conforme destacado por Moyano e Richardson (2013), elaborou-se uma EAP para construção civil predial no Brasil e para as demais categorias que compõem a ferramenta proposta neste trabalho com aplicação da abordagem do modelo dinâmico de modelagem (*system dynamics modeling* - SDM).

O intuito da criação da EAP na ferramenta proposta foi de criar uma organização inicial da visão sistêmica na construção civil no Brasil tendo como foco principal os estudantes e interessados nas informações proporcionadas no artefato. Os principais critérios utilizados na criação da EAP foram feitos de acordo com PMI (2013) e Mattos (2010). Para complementar a pesquisa e ampliar o banco de dados da ferramenta, foram incorporadas no sistema informações sobre diferentes etapas de uma obra real em Brasília-DF (ex. fundação, estrutura, alvenaria, instalações, acabamentos, entre outros).

Apresenta-se no Quadro 3.2 o resumo de como as melhores práticas de sistemas dinâmicos de modelagem foram aplicadas na Etapa 2.

Quadro 3.2 - As melhores práticas de SDM aplicadas na Etapa 2

Estágio ou fase	Afirmações tipo regra (prescritivo)	Como o método proposto por Moyano e Richardson (2013) foi aplicado na pesquisa
(2) Conceituação do sistema	2.1 Abordar o processo de conceituação de maneira criativa e de diferentes ângulos, evitando uma rígida separação da identificação e conceituação de estágios. 2.2 Gerar um diálogo com os donos dos problemas que tem como foco seus modelos mentais e na hipótese dinâmica. 2.3 Identificar as acumulações críticas (estoques) que descrevem o sistema, assegurando que seus nomes são substantivos – não verbos ou frases de ação.	2.1 Integrações entre diferentes redes sociais e um canal de divulgação de conteúdo audiovisual com a ferramenta proposta. 2.2 Interações dos usuários nas redes sociais elaboradas no sistema da ferramenta proposta neste trabalho. 2.3 Elaborações de EAP para construção civil predial no Brasil e das demais categorias que compõem a ferramenta proposta neste trabalho.

3.5 TERCEIRA ETAPA: FORMULAÇÃO DO MODELO DA FERRAMENTA

Após a análise dos problemas colocados por diferentes estudantes e profissionais da indústria da construção civil na Etapa 1 (definição e identificação do problema) e conceituação do sistema (Etapa 2), iniciou-se a Etapa 3: formulação do modelo da ferramenta concebida neste trabalho.

Para desenvolver a estrutura por meio de uma série de modelos mais simples e compreensíveis, adicionando detalhes quando for necessário para melhorar o realismo e apresentar impactos na estrutura do artefato decidiu-se integrar as redes sociais e canal de divulgação de conteúdo audiovisual com a ferramenta sendo concebida.

Na formulação de “equações” que fazem sentido, cuidadosamente suportadas por variáveis e parâmetros com dados ou experiência e assegurando que todos possuam significados na vida real, buscou-se o desenvolvimento da EAP e das demais categorias da ferramenta proposta. Definiu-se também que a ferramenta apresentaria a consistência dimensional por conter uma lógica descritiva em suas categorias.

Iniciou-se, então, a criação (concepção), organização e desenvolvimento da ferramenta proposta neste trabalho: o *website* www.construcaocivil.info. Para desenvolver e programar a

ferramenta, o autor contratou o programador e *web designer* Alexandre Benkendorf para a realização dos trabalhos pertinentes ao projeto. Os títulos das principais categorias escolhidas foram: (1) *Instagram* (conteúdo total publicado nas Redes Sociais); (2) Obras (organizadas por regiões no Brasil e países no mundo); (3) Visão Sistêmica (EAP sintética com a proposta de passo a passo da construção civil predial no Brasil); (4) *Downloads* (arquivos para *download* com autorização por escrito dos autores) tendo como critério de escolha desta categoria a possibilidade de divulgação de arquivos relacionados com o dia-a-dia da construção civil predial (ex. modelos de diários de obras, modelos de planilhas eletrônicas para controle de qualidade do concreto, entre outros); (5) Acadêmico – material teórico (montado com base nas disciplinas ministradas na UnB, USP e FGV conforme apresentado no Apêndice C); (6) Brasil: por um país melhor (seção destinada para apresentar construções atuais de escolas, universidades, hospitais, presídios, rodovias, ferrovias, pontes e outras categorias relacionadas à educação, saúde, segurança, transporte e infraestrutura).

Cada uma das seis categorias principais receberam suas subcategorias conforme apresentado na Seção 4 deste trabalho. Apresenta-se no Quadro 3.3 o resumo de como as melhores práticas de sistemas dinâmicos de modelagem foram aplicadas na Etapa 3.

Quadro 3.3 - As melhores práticas de SDM aplicadas na Etapa 3

Estágio ou fase	Afirmações tipo regra (prescritivo)	Como o método proposto por Moyano e Richardson (2013) foi aplicado na pesquisa
(3) Formulação do modelo	3.1 Desenvolver a estrutura por meio de uma série de modelos mais simples e compreensíveis, adicionando detalhes quando for necessário para melhorar o realismo e apresentar impactos na política. 3.2 Formular equações que fazem sentido, cuidadosamente suportadas por variáveis e parâmetros com dados ou experiência e assegurando que todos possuem significados na vida real. 3.3 Assegurar que o modelo sempre apresente consistência dimensional.	3.1 Integração das redes sociais e canal de divulgação de conteúdo audiovisual com a ferramenta proposta. 3.2 Desenvolvimento da EAP e das categorias da ferramenta proposta. 3.3 A ferramenta apresentará consistência dimensional por conter uma lógica descritiva em suas categorias.

3.5.1 Abordagem SDM-DSR da Visão Sistêmica Global (Macro)

Com base nos conceitos apresentados na revisão bibliográfica deste trabalho, montou-se a EAP para construção civil predial no Brasil e o respectivo CLD para demonstrar o mecanismo de funcionamento básico da visão sistêmica macro na ferramenta proposta.

3.5.2 Abordagem SDM-DSR da Visão Sistêmica Pontual (Micro)

Para o desenvolvimento da visão sistêmica pontual (micro), escolheu-se uma etapa específica da EAP construída na subseção 3.5.1. A etapa escolhida foi a Etapa 13 – Ensaio de Laboratório. Traçou-se também o CLD para demonstrar o mecanismo de funcionamento básico da visão sistêmica micro na ferramenta proposta.

3.6 QUARTA ETAPA: AVALIAÇÃO E TESTE DO MODELO

Na Quarta Etapa, para medir comportamentos reais (dados) de uso da ferramenta utilizando medidas estatísticas de padrão de ajuste decidiu-se utilizar o *Google Analytics* (2015) e o software *Jetpack*, componentes instalados no sistema de programação do *Website* pelo programador Alexandre Benkendorf.

Além dos dados estatísticos, também foi utilizado na pesquisa o modelo dos questionários apresentados no Apêndice A e no Apêndice B. O questionário foi aplicado em dez profissionais e em trinta e cinco estudantes de Engenharia Civil da Universidade de Brasília (UnB). A justificativa deste espaço amostral foi a disponibilidade de acesso do autor aos profissionais e estudantes que aceitaram participar desta pesquisa. As características dos profissionais que avaliaram a ferramenta estão apresentadas no Quadro 3.4.

Quadro 3.4 – Caracterização dos profissionais que avaliaram a ferramenta

Profissional Avaliador	Profissão	Ocupação
Profissional 1	Engenheiro Civil	Professor (M.Sc.); Proprietário de uma empresa de construção civil (fundações).
Profissional 2	Engenheiro Civil	Professor (PhD).
Profissional 3	Engenheiro Civil	Construtor; proprietário de uma empresa de construção civil predial.
Profissional 4	Engenheiro Civil	Professor (D.Sc.); calculista e projetista estrutural (foco principal em estruturas metálicas).
Profissional 5	Arquiteto	Arquiteto proprietário de escritório de arquitetura.
Profissional 6	Engenheiro Civil	Gerente de pós-obras de uma construtora nacional.
Profissional 7	Engenheiro Mecânico	Proprietário de uma empresa de engenharia mecânica com foco principal na instalação de equipamentos e infraestrutura de ar condicionado, sistemas de ventilação e exaustão.
Profissional 8	Engenheira de Produção	Engenheira de uma empresa de consultoria técnica.
Profissional 9	Empresário	Administrador de imóveis.
Profissional 10	Advogado	Doutor; presidente de uma empresa de análise e estratégia política.

Liu et al. (2014) apresentaram um resumo de metodologias de validação voltadas para engenharia de construção e gerenciamento. Diante do exposto por Richardson e Moyano (2013) e Liu et al. (2014), optou-se por avaliar a ferramenta proposta neste trabalho utilizando os questionários que foram aplicados nos profissionais da indústria da construção civil e nos estudantes de Engenharia Civil da UnB. Os motivos principais da escolha deste método de avaliação foram: possibilidade de análises estatísticas, baixo custo e *feedback* da ferramenta.

Apresenta-se no Quadro 3.5 o resumo de como as melhores práticas de sistemas dinâmicos de modelagem foram aplicadas na Etapa 4.

Quadro 3.5 – As melhores práticas de SDM aplicadas na Etapa 4

Estágio ou fase	Afirmações tipo regra (prescritivo)	Como o método proposto por Moyano e Richardson (2013) foi aplicado na pesquisa
(4) Avaliação e teste do modelo	4.1 Comparar comportamentos simulados em amostras com comportamentos reais (dados) utilizando medidas estatísticas de padrão de ajuste, não usar ajuste ponto-a-ponto.	4.1 As estatísticas da ferramenta são apresentadas por meio da utilização do <i>Google Analytics</i> e da própria plataforma onde foi montada a ferramenta (<i>WordPress</i>). Aplicação do questionário apresentado nos Apêndices A e B. Medição dos dados estatísticos do <i>Google Analytics</i> conforme apresentado no Apêndice D. Elaboração de matrizes SWOT de acordo com a avaliação dos profissionais e estudantes.

Os principais parâmetros medidos utilizando o *Google Analytics* conforme apresentado no Apêndice D foram: (a) quantidade de sessões; (b) quantidade de usuários; (c) quantidade de visualizações de páginas; (d) taxa de rejeição; (e) pesquisa orgânica; (f) indicador página/sessão; (g) quantidade de visualizações máximas em um dia no período de medição de resultados; (h) localização dos acessos à ferramenta; (i) referências à ferramenta.

3.6.1 Aplicação de questionário em profissionais

Decidiu-se aplicar o questionário apresentado no Apêndice A nos profissionais que avaliaram a ferramenta proposta neste projeto (validação do questionário). As características dos profissionais que avaliaram a ferramenta foram variadas e houve dependência da disponibilidade desses profissionais.

3.6.2 Aplicação de questionário em estudantes de Engenharia Civil da UnB

Decidiu-se aplicar questionário apresentado no Apêndice B em trinta e cinco estudantes de Engenharia Civil da Universidade de Brasília (UnB) que avaliaram a ferramenta proposta neste trabalho. A turma escolhida para aplicação do questionário foi a de Planejamento e Controle de Construções do segundo semestre de 2015.

3.7 QUINTA ETAPA: USO E IMPLEMENTAÇÃO DO MODELO

Na etapa de uso, implementação e disseminação do modelo da ferramenta proposta os esforços foram concentrados na divulgação da ferramenta com o uso das redes sociais e canal de divulgação de conteúdo audiovisual.

Para assegurar que todo o processo de modelagem girasse em torno dos problemas de interesse do público, buscou-se a divulgação de conteúdo relacionado com a indústria da construção civil no Brasil.

Apresenta-se no Quadro 3.6 o resumo de como as melhores práticas de sistemas dinâmicos de modelagem foram aplicadas na Etapa 5.

Quadro 3.6 – As melhores práticas de SDM aplicadas na Etapa 5

Estágio ou fase	Afirmações tipo regra (prescritivo)	Como o método proposto por Moyano e Richardson (2013) foi aplicado na pesquisa
(5) Uso, implementação e disseminação do modelo	5.1 Assegurar que todo o processo de modelagem gira em torno dos problemas de interesse do público (dono do problema, cliente, entre outros).	5.1 O conteúdo destinado à ferramenta proposta neste trabalho é voltado para os profissionais e estudantes ligados à indústria da construção civil no Brasil (classificados nesta pesquisa como os donos dos “problemas” relacionados ao tema).

3.8 SEXTA ETAPA: DESIGN DA ESTRATÉGIA DE APRENDIZAGEM/INFRAESTRUTURA

Na etapa de design da estratégia de aprendizagem/infraestrutura, elaborou-se uma relação de lições aprendidas na Quinta Etapa da pesquisa.

Apresenta-se no Quadro 3.7 o resumo de como as melhores práticas de sistemas dinâmicos de modelagem foram aplicadas na Etapa 6.

Quadro 3.7 - As melhores práticas de SDM aplicadas na Etapa 6

Estágio ou fase	Afirmações tipo regra (prescritivo)	Como o método proposto por Moyano e Richardson (2013) foi aplicado na pesquisa
(6) Design da estratégia de aprendizagem/ infraestrutura,	6.1 Utilizar diagramas simplificados de laço-causal (causal-loop) para contar histórias do sistema de diversas maneiras, em vez de depender do modelo para contar sua própria história.	6.1 Ajustes nos diagramas simplificados de laço-causal (CLD) utilizados na concepção da ferramenta; lista de lições aprendidas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

“O que sabemos é uma gota; o que ignoramos é um oceano.” (Sir Isaac Newton)

Os resultados obtidos com a criação da ferramenta podem ser resumidos por meio da Figura 4.1 juntamente com os conceitos apresentados nas Seções 1, 2 e 3 deste trabalho.

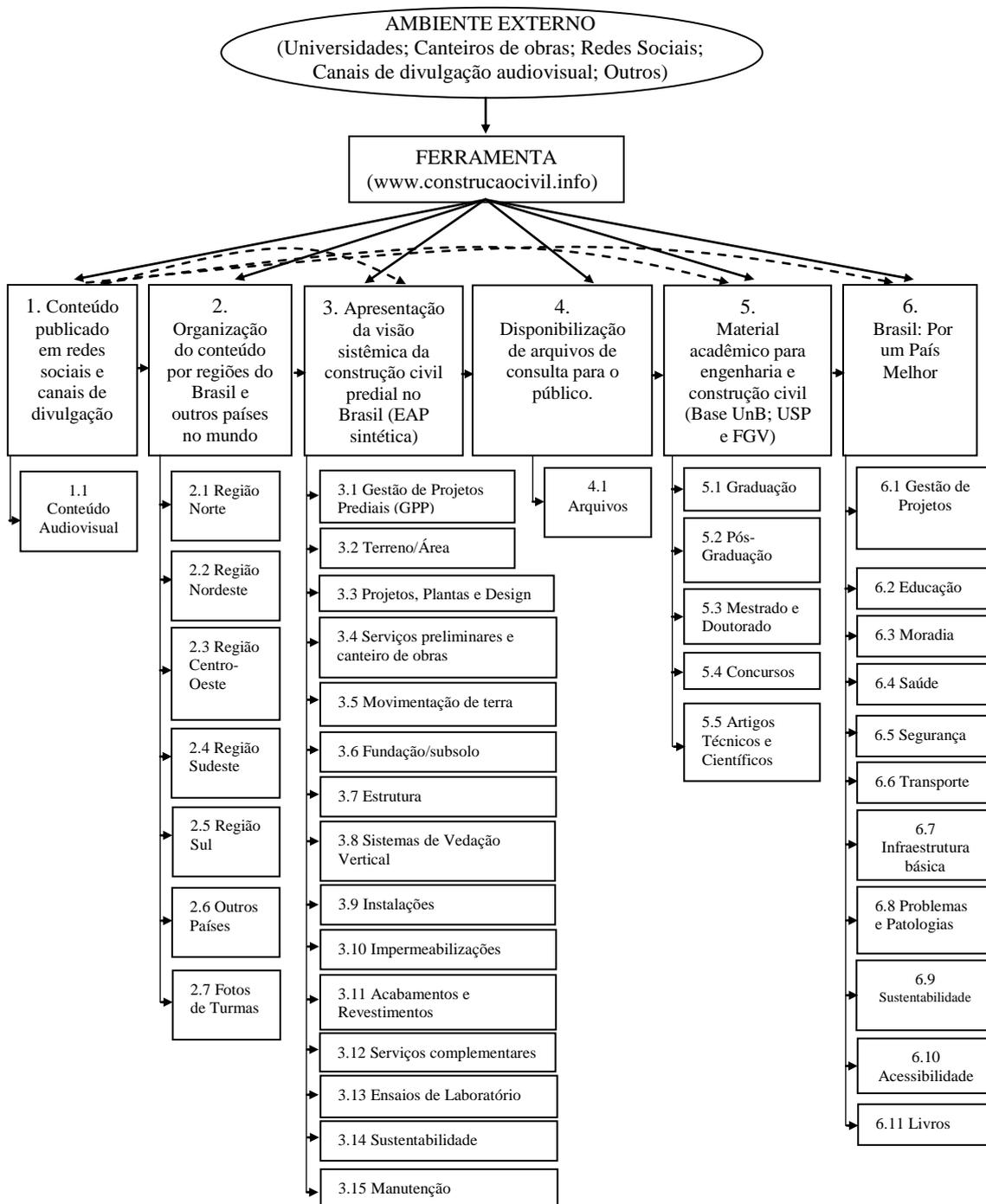


Figura 4.1 – Estrutura básica da ferramenta www.construcaocivil.info

Observa-se na Figura 4.1 a estrutura básica da ferramenta em que a ligação e apresentação das informações e conteúdo do *website* seguiram os conceitos SDM-DSR propostos nesta pesquisa. As principais vantagens do uso de uma ferramenta *on line* (*website*) são: facilidade de acesso por meio de computadores, telefones celulares e outros equipamentos; funcionamento contínuo “24 horas”; possibilidade de internacionalização da ferramenta (por meio da tradução do conteúdo apresentado); crescimento constante do número de usuários, entre outros.

4.1 ETAPAS DO SISTEMA DINÂMICO DE MODELAGEM

Apresentam-se nas Subseções 4.1.1 a 4.1.6 os resultados obtidos em cada uma das etapas utilizando o *system dynamics modeling* (SDM) e o *design science research* (DSR) durante a elaboração da ferramenta proposta neste trabalho.

4.1.1 Etapa 1 – Definição e Identificação do Problema

Em setembro de 2014 foi criado pelo autor um perfil sobre a indústria da construção civil (@construcaocivil) em uma das maiores redes sociais do mundo: o *Instagram*⁹. Em 12 meses o perfil atingiu a marca de 44 mil seguidores em todo o Brasil e em alguns países do mundo como Estados Unidos da América, México, Arábia Saudita, Irã, entre outros. O rápido crescimento pode ser explicado por uma carência de informações sobre a indústria da construção civil brasileira nas redes sociais. Apresenta-se na Figura 4.2 o crescimento do perfil sobre a indústria da construção civil (@construcaocivil) criado no *Instagram*.

⁹ <https://Instagram.com/construcaocivil>

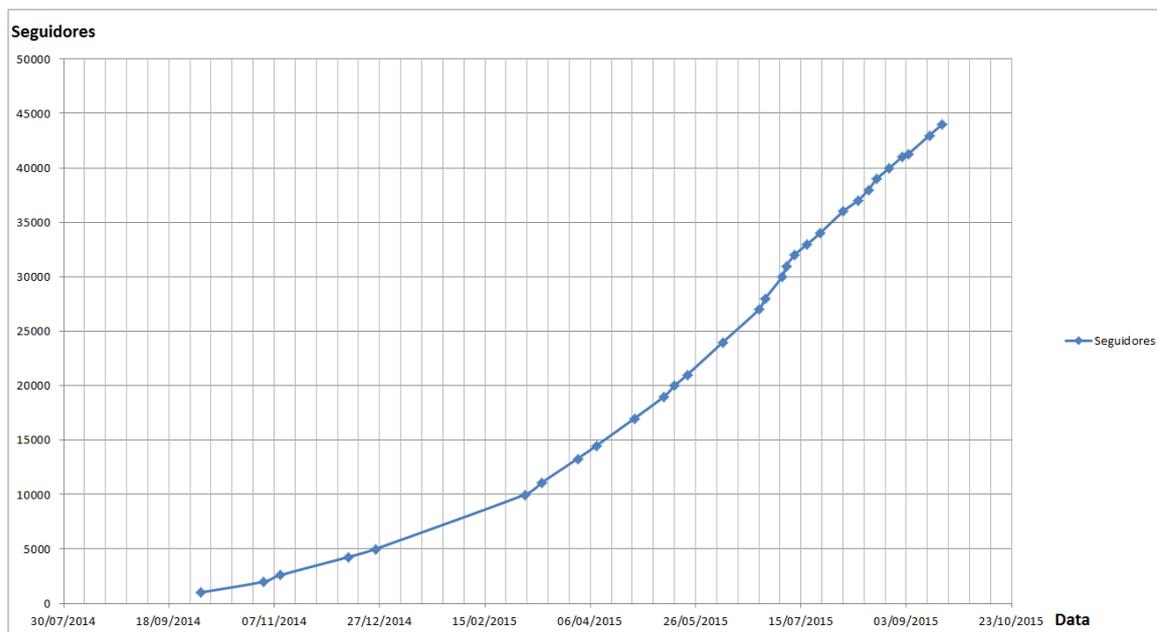


Figura 4.2 – Crescimento do perfil sobre Construção Civil criado no *Instagram*

Plataformas de mídia social como o *Facebook* permitem que adolescentes e estudantes colaborem com atividades acadêmicas, mas esse tipo de participação pode exigir um conjunto de habilidades avançadas de Internet. Interações sociais em torno da aprendizagem podem ocorrer *on line* com uma grande variedade de ferramentas formais, bem como canais informais, tais como sites de redes sociais (*Social Network Sites - SNSs*). Os estudantes podem usar recursos *on line* para procurar e compartilhar informações e quando necessário, colaborar um com o outro para resolver problemas. Embora os recursos informacionais disponíveis *on line* possam apoiar a aprendizagem, as competências que são ativadas quando os alunos pedem, recebem e trocam ajuda podem ser ainda mais valiosas. De fato, Vygotsky (1978) afirma que o aprendizado ocorre melhor em ambientes sociais que envolvem interações interpessoais (Khan, Wohn e Ellison, 2014).

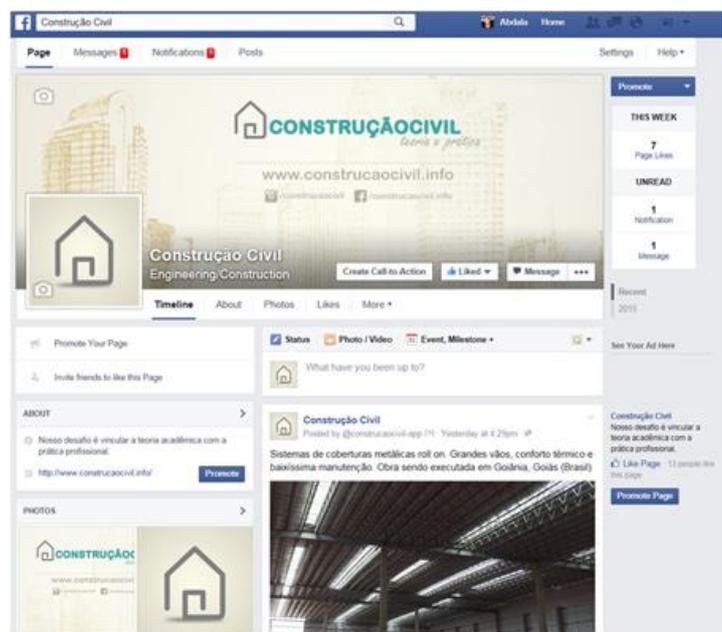
Wang e Shen (2012) destacam que as crescentes demandas de uma sociedade baseada em conhecimento e os avanços dramáticos da tecnologia de telefones celulares estão se juntando para estimular o crescimento da aprendizagem via telefone celular ou *mobile learning (mLearning)*. Entretanto, para que o *mLearning* atinja o seu potencial máximo, é necessário desenvolver um design pedagógico e instrucional adaptado às necessidades deste novo ambiente de aprendizagem. Os autores exploraram os princípios e processos do design de mensagens para o *mLearning*, incluindo a influência de teorias de cognição e aprendizagem, princípios da interação entre humanos e computadores, aparelhos e metodologias.

O crescimento do perfil apresentado na Figura 4.2, corrobora com as colocações de Wang e Shen (2012) e Khan, Wohn e Ellison (2014), apontando o interesse de estudantes em plataformas de mídia social.

Os perfis sobre a indústria da construção civil criados nas redes sociais *Instagram* e *Facebook*¹⁰ fazendo parte do sistema da ferramenta proposta neste trabalho são apresentados na Figura 4.3.



(a) Página inicial do perfil (@construcaocivil) no *Instagram*
Fonte: *Instagram* (2015)



(b) Página inicial do perfil sobre construção civil no *Facebook*
Fonte: *Facebook* (2015)

Figura 4.3 – Páginas criadas em plataformas de mídia social

Vale ressaltar que as redes sociais criadas também funcionam de uma maneira colaborativa dos seguidores, ou seja, diversas fotos e informações de obras em todo o Brasil e alguns países no mundo são enviadas pelos seguidores (usuários) e organizadas no *website* desenvolvido com base nessas informações recebidas.

Como resultado da criação dos perfis nas redes sociais mencionadas e da criação da ferramenta proposta neste trabalho, pode-se citar a integração entre diferentes interfaces

¹⁰ <https://www.facebook.com/construcaocivil.info>

(redes sociais e *website* independente) e um crescimento contínuo de usuários e seguidores do sistema criado nesta pesquisa.

Durante as conversações com os alunos de Engenharia Civil da UnB e profissionais da construção civil (donos dos problemas), observou-se uma carência de informações práticas de diversos assuntos relacionados às práticas construtivas como tipos de diferentes sistemas construtivos (ex. estruturas metálicas, de concreto armado, protendido, estruturas de madeira, entre outros), sistemas de revestimentos (ex. argamassa industrializada para reboco, argamassa colante, entre outros) e diferentes alunos queixando-se da falta de prática na indústria da construção civil.

O desenvolvimento da ferramenta (*website*) integrada com as redes sociais e canal de divulgação de conteúdo audiovisual para divulgação de informações relacionadas à indústria da construção civil no Brasil foram realizados com sucesso. O dinamismo (possibilidade de atualizações e alterações) da ferramenta também pode ser destacado como ponto positivo do sistema elaborado nesta pesquisa.

A publicação de conteúdo organizado na ferramenta proposta e as expectativas de comportamento futuro são baseadas na adoção da ferramenta por estudantes e profissionais da indústria da construção civil no Brasil.

Poucas ferramentas de motivação e estímulo de conceitos relacionados à indústria da construção civil predial são conhecidas no Brasil. Portanto, um dos principais esforços deste trabalho foi de elaborar uma ferramenta que estimulasse e motivasse por meio da integração e colaboração dos usuários uma visão sistêmica macro e micro da construção civil Brasileira.

A hipótese dinâmica realizada na Etapa 1 do método adotado neste trabalho foi: a ferramenta elaborada terá um crescimento contínuo no Brasil. Pode-se concluir que a ferramenta apresentou um crescimento contínuo não linear conforme apresentado na subseção 4.1.4. Acredita-se que se mais investimentos em divulgação e ampliação do conteúdo disponível atualmente na ferramenta forem realizados, este crescimento poderá ser ainda maior.

4.1.2 Etapa 2 – Conceito da ferramenta

A integração entre diferentes redes sociais (ex. *Instagram e Facebook*) e o registro de um canal de divulgação de conteúdo audiovisual (ex. canal no *YouTube*) com a ferramenta proposta foi uma das maneiras criativas de montar o sistema proposto neste trabalho. Esta integração foi considerada como positiva para o resultado do produto final que se destina principalmente para profissionais e estudantes de Engenharia e Construção Civil no Brasil.

A interação dos usuários no sistema proposto neste trabalho gerou diversos diálogos e discussões produtivas com e entre os donos dos problemas (estudantes e profissionais da indústria da construção civil) tendo como foco a hipótese dinâmica do trabalho, ou seja, o crescimento contínuo do uso da ferramenta no Brasil. Acredita-se que a interação entre os usuários do sistema pode ser um dos fatores que poderá causar o crescimento contínuo do uso do artefato.

O esforço da elaboração da EAP para construção civil predial no Brasil e das demais categorias que compõem a ferramenta proposta neste trabalho foram positivos na descrição de todo o sistema. Acredita-se que o uso das EAPs tornou o sistema mais organizado e conseqüentemente mais fácil de navegar lembrando-se que outras estruturas analíticas de projeto poderiam ser feitas. Ressalta-se que outras categorias e componentes poderiam ser usados ou acrescentados neste trabalho. Entretanto, o autor limitou-se às categorias apresentadas nesta pesquisa tendo como critério principal de escolha das categorias os principais conceitos apresentados por PMI (2013) e Mattos (2010).

4.1.3 Etapa 3 – Formulação do Modelo da Ferramenta

Apresenta-se na Figura 4.4 a EAP proposta neste trabalho para a visão sistêmica macro relacionada à construção civil predial no Brasil.



Figura 4.4 – EAP: o passo-a-passo na construção de uma edificação no Brasil (visão sistêmica macro)

Apresenta-se na Figura 4.5 uma estrutura complexa inter-relacionada (CLD) de diferentes fatores que afetam a construção civil predial no Brasil usando uma abordagem do sistema dinâmico de modelagem (SDM), semelhante à abordagem apresentada por Nasirzadeh e Nojehdehi (2012) e com a EAP proposta na Figura 4.4.

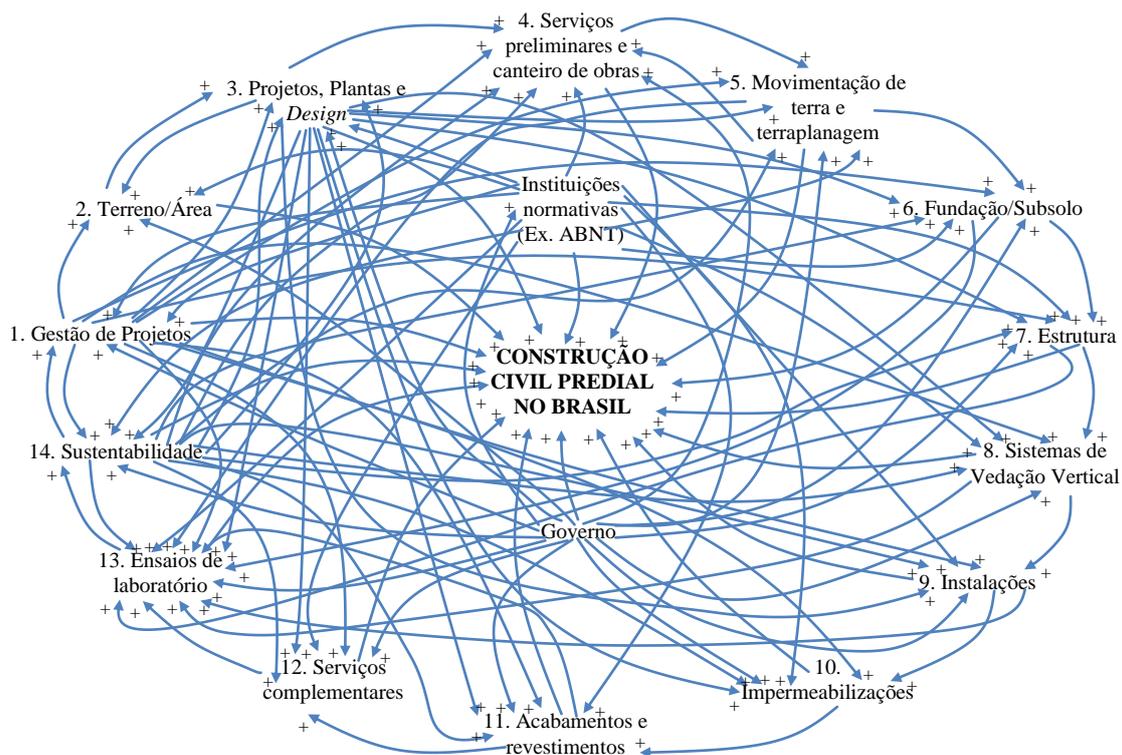


Figura 4.5 – Modelo conceitual (CLD) da construção civil predial no Brasil – visão sistêmica macro

Vale ressaltar que foram considerados apenas efeitos positivos (contribuições positivas) no modelo conceitual apresentado na Figura 4.5, pois a ferramenta proposta neste trabalho visa contribuir apenas positivamente (para o conhecimento) em todas as atividades propostas no modelo. Para facilitar o entendimento do CLD apresentado, cada seta pode ser representada por um simples clique no *mouse* no decorrer do uso da ferramenta.

Considerou-se neste estudo apenas os ensaios de materiais de construção realizados na disciplina de Materiais de Construção Civil Experimental I da Universidade de Brasília (UnB) pois foi a disciplina que o autor ministrou durante o período deste trabalho. Então, montou-se a EAP para ensaios de laboratório (visão sistêmica micro) conforme apresentado na Figura 4.6.

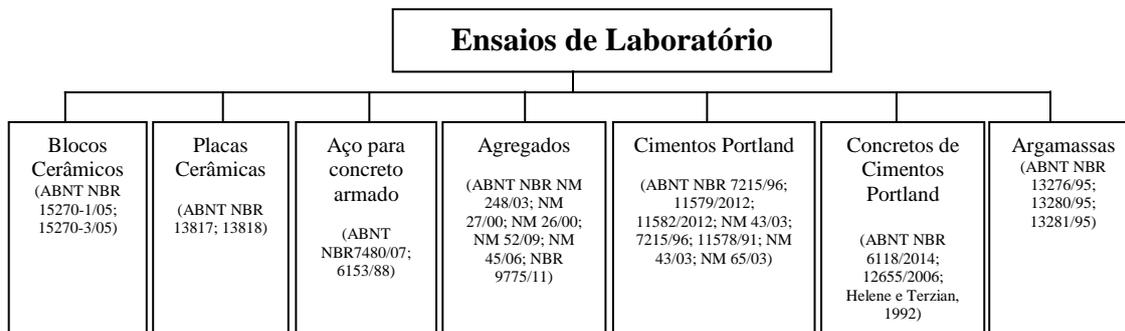


Figura 4.6 – EAP para Ensaio de Laboratório (visão sistêmica micro)

Apresenta-se na Tabela 4.1 a EAP sintética elaborada utilizando a Figura 4.6.

Tabela 4.1 – EAP Sintética para Ensaio de Laboratório (visão sistêmica micro)

Atividade	
0	Ensaio de Laboratório
1	1 Blocos cerâmicos
2	2 Placas cerâmicas
3	3 Aço para concreto armado
4	4 Agregados
5	5 Cimentos Portland
6	6 Concretos de cimentos Portland
7	7 Argamassas

Vale destacar que o conteúdo apresentado na Figura 4.6 e na Tabela 4.1 refere-se ao conteúdo total ministrado na disciplina de Materiais de Construção Civil Experimental I na Universidade de Brasília (UnB).

Apresenta-se na Figura 3.5 um CLD de diferentes fatores que afetam a construção civil predial no Brasil com os ensaios de laboratório propostos na EAP da Tabela 4.1 usando uma abordagem do sistema dinâmico de modelagem (SDM).

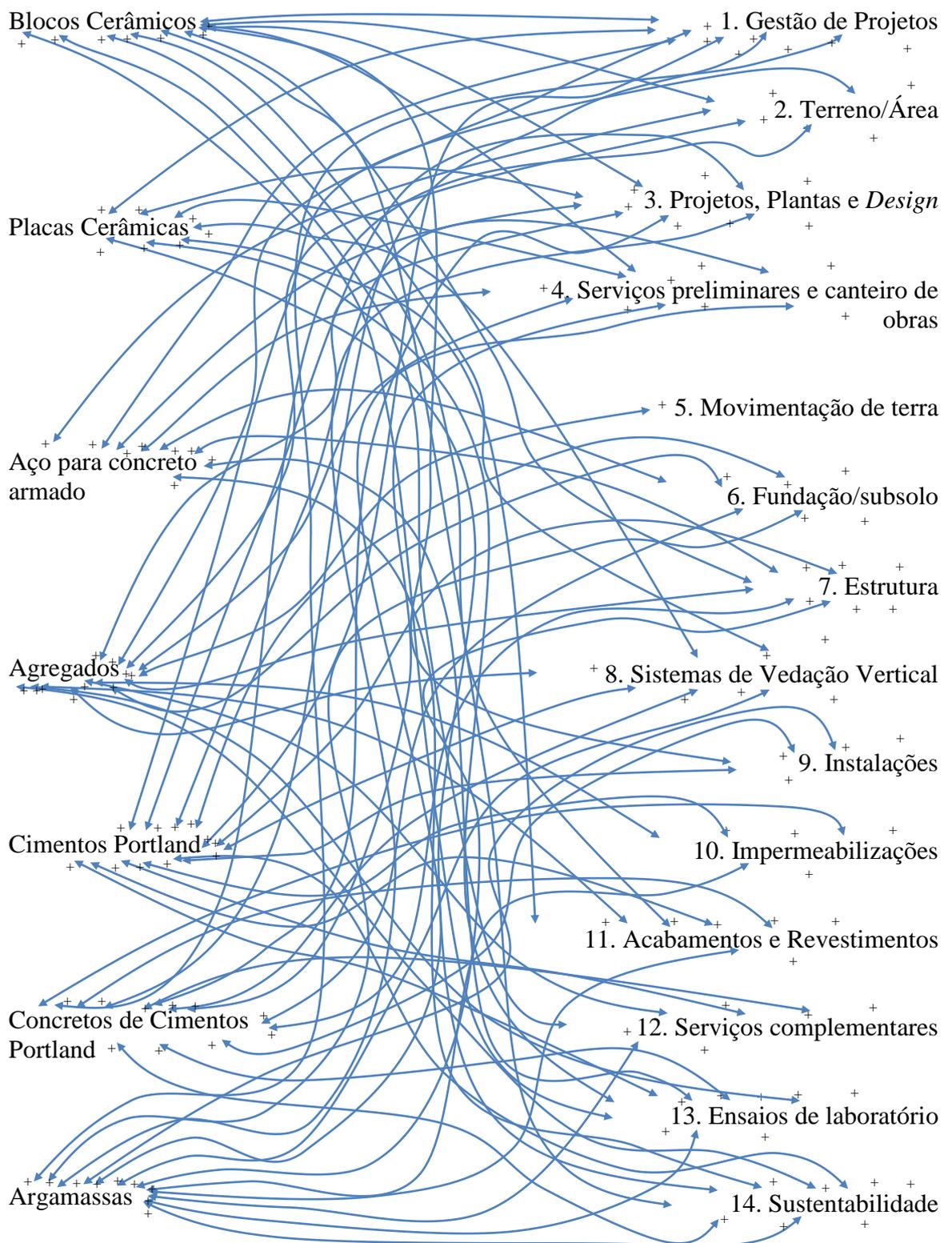


Figura 4.7 – Modelo conceitual (CLD) da construção civil predial no Brasil com os ensaios de laboratório propostos na EAP - visão sistêmica micro

Vale ressaltar novamente que foram considerados apenas efeitos positivos (contribuições positivas) no modelo conceitual apresentado na Figura 4.7, pois a ferramenta proposta neste trabalho visa contribuir apenas positivamente em todas as atividades propostas no modelo. Para facilitar o entendimento do CLD apresentado, cada seta pode ser representada por um simples clique no *mouse* no decorrer do uso da ferramenta.

A integração das redes sociais e canal de divulgação de conteúdo audiovisual com a ferramenta sendo concebida possibilitou o desenvolvimento da estrutura por meio de uma série de modelos mais simples e compreensíveis, adicionando detalhes quando for necessário para melhorar o desempenho do *website*. Observou-se também que a ferramenta apresentou uma consistência dimensional por conter uma lógica descritiva em suas categorias. As seis categorias principais e suas subcategorias foram criadas conforme apresentado na Figura 4.1.

Apresenta-se na Figura 4.8 a página inicial da ferramenta (*website*) criada para substanciar o método proposto nesta pesquisa¹¹.



Figura 4.8 – Página inicial do site www.construcaocivil.info

¹¹ <http://www.construcaocivil.info>

Para ampliar os meios de divulgação de trabalhos como a gravação de vídeos relacionados com a indústria da construção civil, foi criado um canal no *YouTube* com objetivo inicial de publicar vídeos e outros materiais com conteúdo audiovisual de ensaios de materiais de construção no Laboratório de Ensaio de Materiais (LEM) da Universidade de Brasília (UnB). Na Figura 4.9 apresenta-se o canal criado no *YouTube*¹².

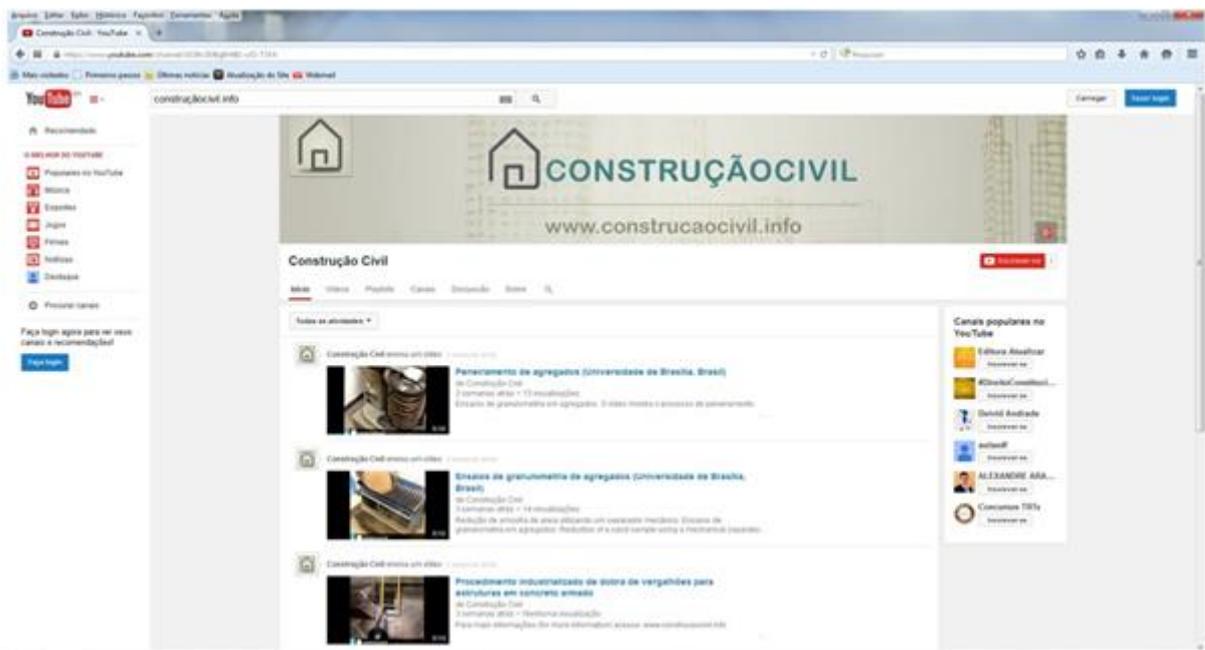


Figura 4.9 – Canal de publicação de conteúdo audiovisual criado no YouTube

Os principais resultados alcançados com a criação do canal no *YouTube* foram a integração com a ferramenta principal (o *website* www.construcaocivil.info) e o enriquecimento das informações publicadas na ferramenta (exemplo: vídeos mais longos com mais riqueza de informações e explicações).

O trabalho nas redes sociais e no *YouTube*, inicialmente concebido para auxiliar os alunos da UnB, tomou proporções maiores das quais se imaginava (pensava-se que a quantidade de usuários e seguidores das redes sociais criadas durante esta pesquisa seria próxima da quantidade de alunos da UnB). A quantidade de alunos participantes foi maior do que a quantidade de alunos da UnB, causando uma interação entre usuários e universitários de todo

¹² <https://www.youtube.com/channel/UC6tv3Et6g8Ht81-xJO-T3VA>

o Brasil com uma diversidade de *feedbacks*, colaborações e participações. Os participantes colaboraram com mais fotos, vídeos, artigos e outros materiais didáticos.

Apresenta-se na Figura 4.10 a demonstração dos conceitos abordados na subseção 3.5.1 deste trabalho.

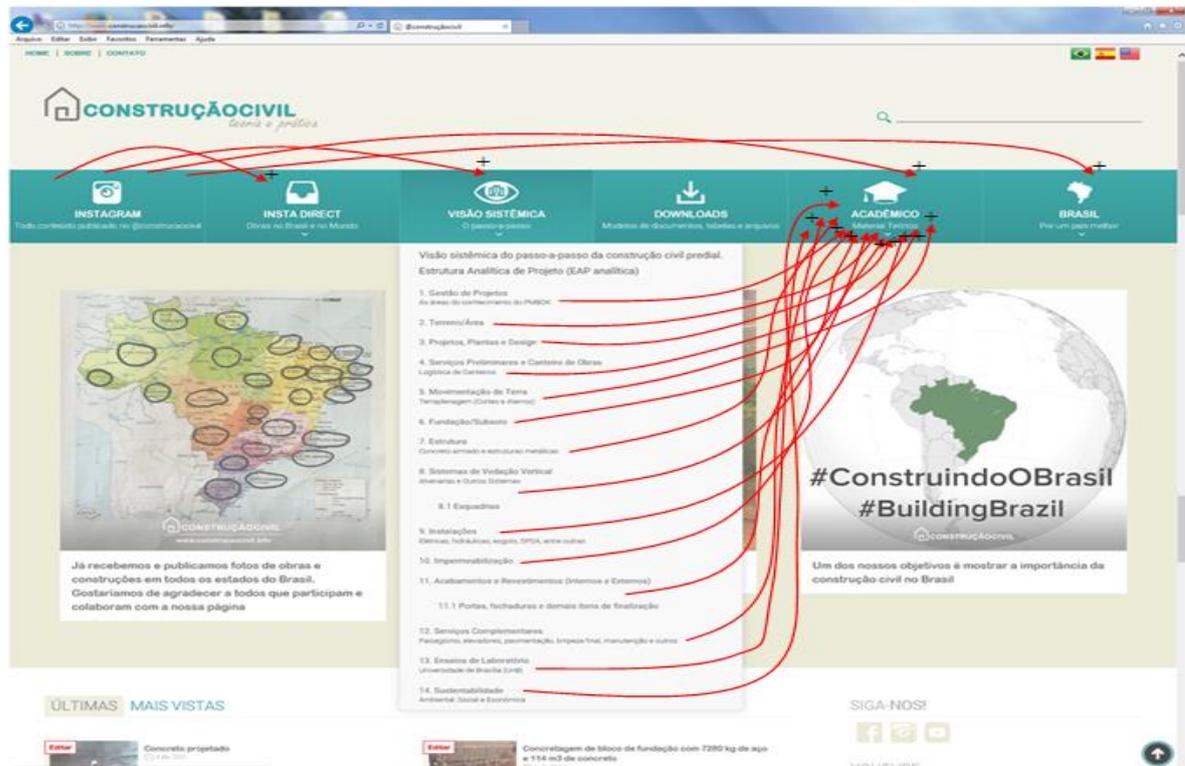


Figura 4.10 – Demonstração da EAP e abordagem SDM-DSR na ferramenta para a visão sistêmica global (macro)

Apresentam-se na Figura 4.10 os conceitos SDM-DSR aplicados na ferramenta retratando uma visão sistêmica global da construção civil predial no Brasil. Um exemplo específico pode ser dado utilizando qualquer uma das quatorze atividades da EAP. Por exemplo: a Atividade 6 (Fundação/Subsolo) está vinculada com a parte acadêmica (vínculos diretos com as disciplinas relacionadas com fundação e subsolo) que por sua vez também está vinculada com o conteúdo (fotos, vídeos e artigos) publicados na ferramenta. Os vínculos utilizados na ferramenta seguem as premissas da teoria de sistemas dinâmicos de modelagem, pois com suas utilizações torna-se possível que outras pessoas vejam o pensamento e a lógica utilizada no trabalho.

Apresenta-se nos Apêndices E a K informações sobre os ensaios de laboratório efetuados em diferentes materiais de construção conforme apresentado na Figura 4.11.

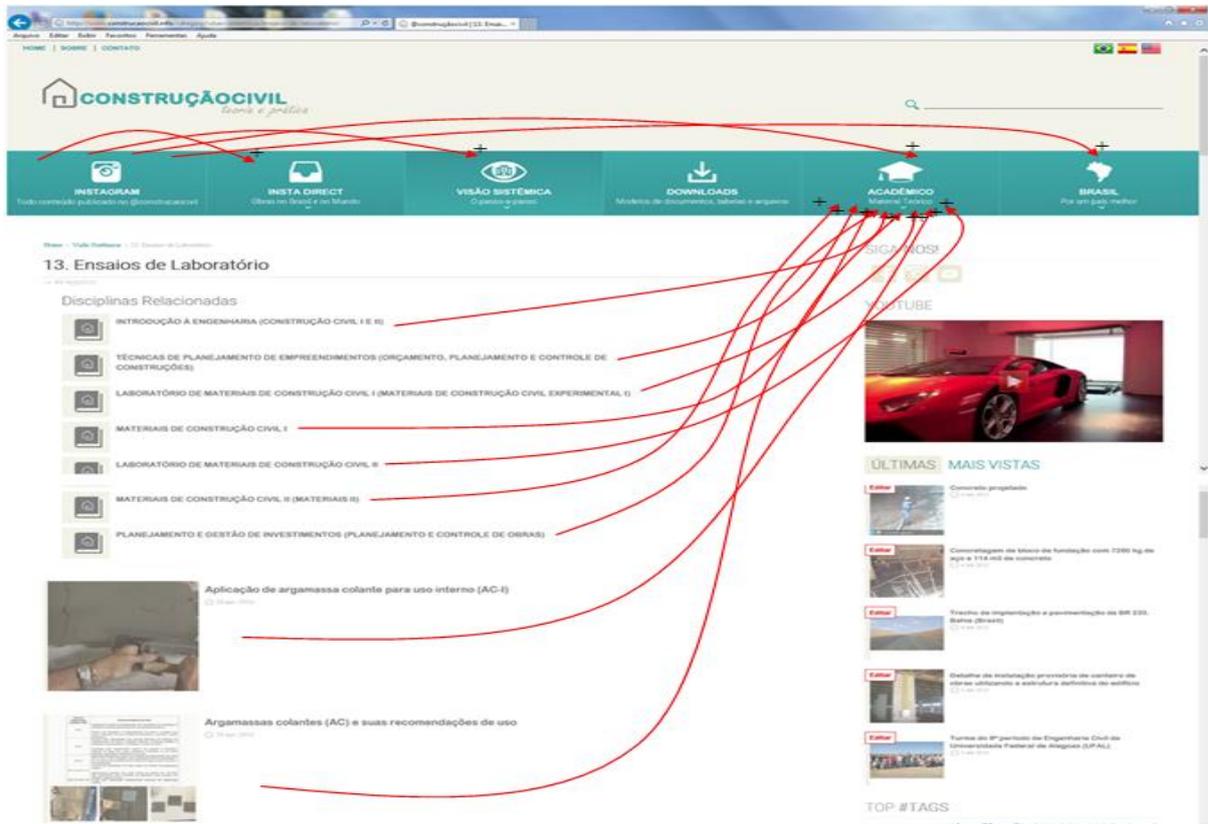


Figura 4.11 – Demonstração da EAP e abordagem SDM-DSR na ferramenta para a visão sistêmica pontual (micro)

A ferramenta desenvolvida neste trabalho foi aplicada em todos os Apêndices desenvolvidos durante a pesquisa. No Apêndice E foram apresentados os ensaios realizados na disciplina de Materiais de Construção Experimental I (mostrada no Apêndice C) em blocos cerâmicos de vedação. No Apêndice F em placas cerâmicas; no Apêndice G em vergalhões de aço para concreto armado; no Apêndice H em agregados; no Apêndice I em cimentos Portland; no Apêndice J em concretos de cimentos Portland; no Apêndice K em argamassas.

Apresenta-se nas subseções 4.1.3.1 a 4.1.3.6 as funcionalidades da ferramenta: as seções e categorias principais do *website* desenvolvido com base na teoria apresentada nas Seções 1, 2 e 3 deste trabalho. As principais seções da ferramenta são: (1) conteúdo publicado diretamente em redes sociais; (2) conteúdo organizado como obras no Brasil e no mundo; (3)

visão sistêmica para a construção civil predial no Brasil; (4) conteúdo para *download* referente à indústria da construção civil no Brasil; (5) material acadêmico montado com base no Apêndice C deste trabalho; (6) organização de informações com o título de “Brasil: Por um País Melhor”.

4.1.3.1 Publicações em redes sociais

As duas principais redes sociais utilizadas neste trabalho foram o *Instagram* (@construcaocivil) e o *Facebook* (www.facebook.com/construcaocivil.info). O principal canal de divulgação de conteúdo audiovisual foi o *YouTube* (digitar na barra de pesquisa “construcaocivil.info”). Aplicando os conceitos de modelagens de sistemas dinâmicos, desenvolveram-se links diretos entre a ferramenta com as redes sociais e com o canal de divulgação de conteúdo audiovisual criados para este trabalho. Portanto, a ferramenta englobou também as redes sociais e canais de divulgação de conteúdo audiovisual.

Todo conteúdo publicado na rede social (*Instagram*) é redirecionado diretamente para esta seção da ferramenta. Entretanto, não há sequência lógica nesta parte da ferramenta (exemplo: assuntos como estruturas, estradas e pontes estão todos agrupados nesta mesma primeira seção).

A ideia principal desta seção da ferramenta foi de apenas redirecionar as informações da rede social diretamente para o site criado para este trabalho.

4.1.3.2 Artigos e conteúdo de obras no Brasil e no Mundo

Nesta seção da ferramenta são colocadas as fotos, vídeos e textos enviados por usuários da ferramenta. O conteúdo foi categorizado separando-se todos os estados brasileiros e o Distrito Federal dentro das 5 macrorregiões geográficas do Brasil (Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul) e também outros países do mundo (para o conteúdo enviado por usuários estrangeiros).

A ideia principal desta seção foi a de organizar as informações enviadas na rede social de maneira lógica e de fácil compreensão seguindo os conceitos apresentados por Moyano e Richardson (2013). Além disso, esta seção permite que empresas e demais profissionais que atuam na indústria da construção civil consigam pesquisar algumas obras que estão em andamento nos respectivos estados brasileiros.

Apresenta-se na Figura 4.12 uma breve demonstração da seção da ferramenta intitulada de “Obras no Brasil e no Mundo”.

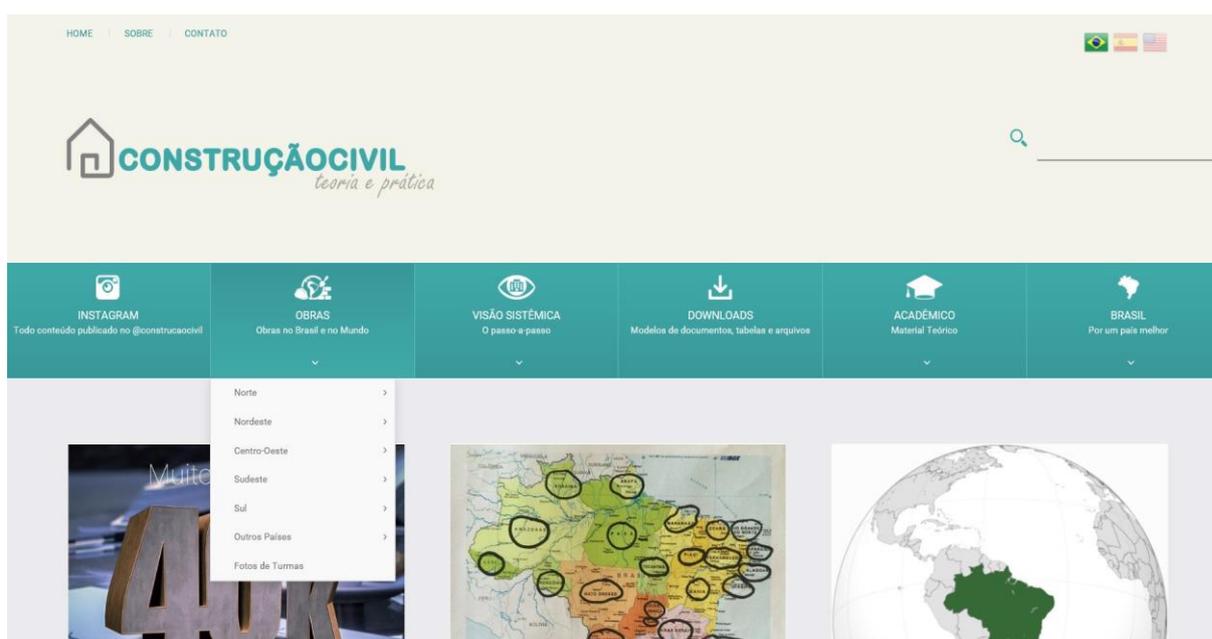


Figura 4.12 – Demonstração da seção de Obras no Brasil e no Mundo

4.1.3.3 Visão sistêmica: o passo-a-passo

Esta seção da ferramenta engloba toda a revisão bibliográfica, metodologia e resultados apresentados neste trabalho.

A seção apresenta a EAP proposta no método de pesquisa e por meio dos conceitos da abordagem de modelos de sistemas dinâmicos, os usuários da ferramenta podem ter acesso ao conteúdo (ex. fotos, vídeos e textos) de cada atividade da EAP bem como às disciplinas de graduação (base USP e UnB) pertinentes a cada atividade da EAP. A lista completa das disciplinas utilizadas neste trabalho é apresentada no Apêndice C.

A ideia principal desta seção é de melhorar e estimular a compreensão de conceitos relacionados à construção civil predial no Brasil. Com o uso da ferramenta, torna-se possível a visualização de inúmeros exemplos relacionados a cada uma das atividades propostas na EAP apresentada.

Apresenta-se na Figura 4.13 e na Figura 4.14 uma breve demonstração da seção da ferramenta intitulada de “Visão Sistêmica: O passo-a-passo”.

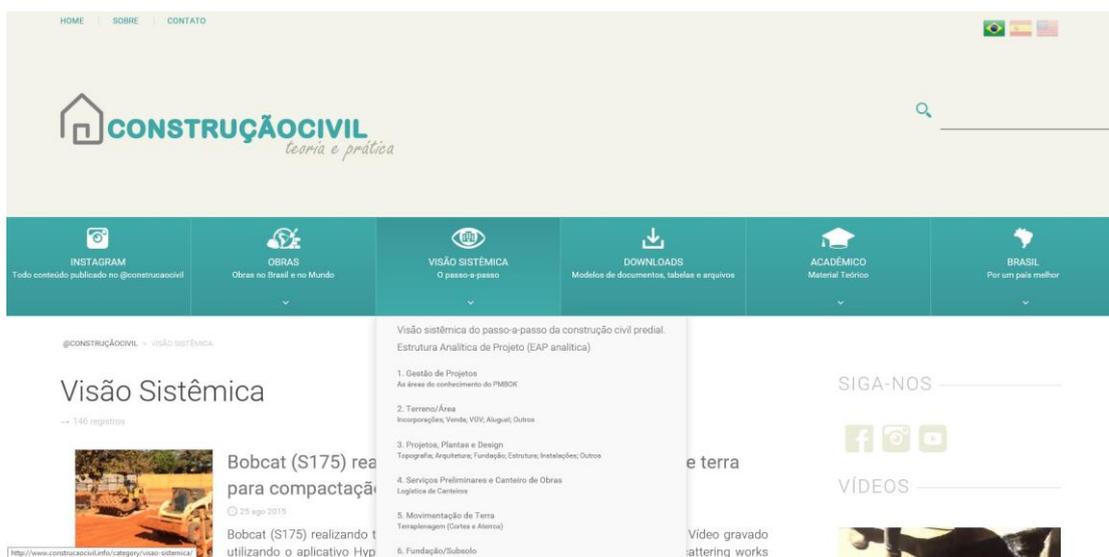


Figura 4.13 – Demonstração da seção de Visão Sistêmica (O passo-a-passo)



Figura 4.14 – Demonstração do funcionamento da seção de Visão Sistêmica (O passo-a-passo)

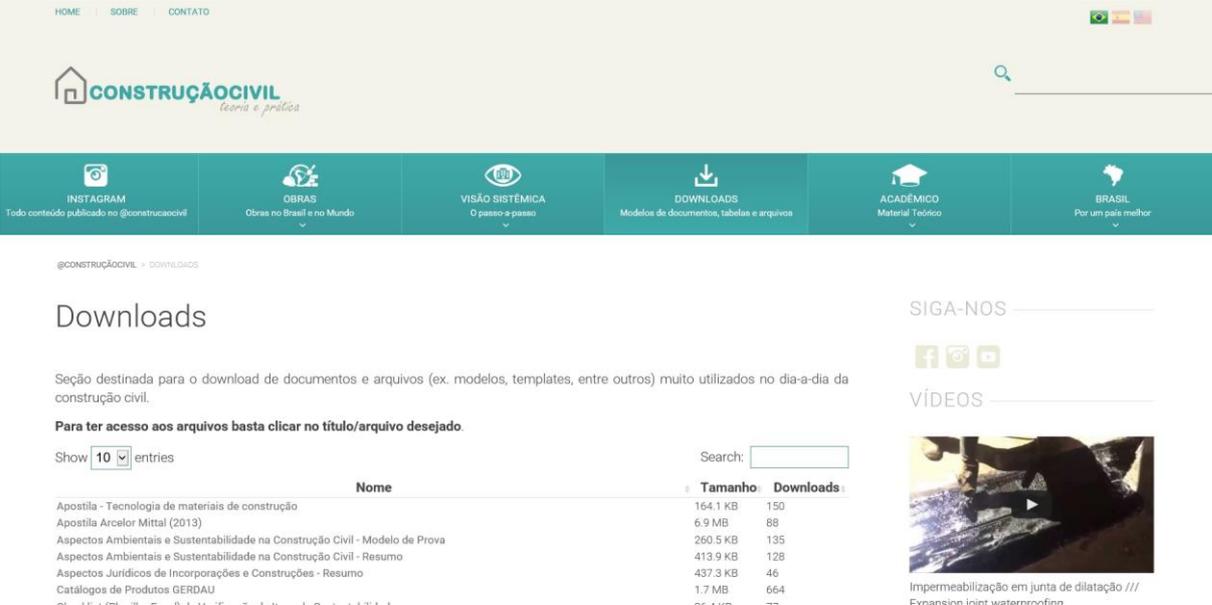
4.1.3.4 Arquivos para download

Nesta seção da ferramenta, uma lista de *downloads* de arquivos relacionados com a indústria da construção civil no Brasil é disponibilizada gratuitamente para todos os usuários.

Esta lista inclui: planilhas eletrônicas úteis no dia-a-dia dos construtores; catálogos de fornecedores de materiais de construção; modelos de documentos (ex. diário de obras); modelos técnicos (ex. modelo de calçada em concreto armado padrão EUA); provas e gabaritos de concursos públicos brasileiros; resumos de disciplinas pertinentes à construção civil brasileira; entre outros.

A ideia principal desta seção é a de divulgar gratuitamente conhecimento relacionado com a indústria da construção civil no Brasil para todos os usuários da ferramenta.

Apresenta-se na Figura 4.15 uma breve demonstração da seção da ferramenta intitulada de “Downloads: modelos de documentos, tabelas e arquivos”.



HOME | SOBRE | CONTATO

CONSTRUÇÃO CIVIL
teoria e prática

INSTAGRAM
Todo conteúdo publicado no @construcao civil

OBRAS
Obras no Brasil e no Mundo

VISÃO SISTÊMICA
O passo-a-passo

DOWNLOADS
Modelos de documentos, tabelas e arquivos

ACADÊMICO
Material Teórico

BRASIL
Por um país melhor

@CONSTRUÇÃO CIVIL > DOWNLOADS

Downloads

Seção destinada para o download de documentos e arquivos (ex. modelos, templates, entre outros) muito utilizados no dia-a-dia da construção civil.

Para ter acesso aos arquivos basta clicar no título/arquivo desejado.

Show 10 entries

Nome	Tamanho	Downloads
Apostila - Tecnologia de materiais de construção	164.1 KB	150
Apostila Arcelor Mittal (2013)	6.9 MB	88
Aspectos Ambientais e Sustentabilidade na Construção Civil - Modelo de Prova	260.5 KB	135
Aspectos Ambientais e Sustentabilidade na Construção Civil - Resumo	413.9 KB	128
Aspectos Jurídicos de Incorporações e Construções - Resumo	437.3 KB	46
Catálogos de Produtos GERDAU	1.7 MB	664

SIGA-NOS

VÍDEOS

Impermeabilização em junta de dilatação ///

Figura 4.15 – Demonstração da seção de *Downloads* (modelos de documentos, tabelas e arquivos)

4.1.3.5 Material acadêmico

Nesta seção da ferramenta, apresentam-se todas as disciplinas de graduação em Engenharia Civil utilizando como base as grades horárias da USP e da UnB organizando-as conforme apresentado no Apêndice C deste trabalho.

A ideia principal desta seção é a de estimular os usuários de procurarem disciplinas específicas do curso de Engenharia Civil. Dentro de cada disciplina, criaram-se as categorias: (1) conteúdo; (2) bibliografia; (3) vídeos e (4) *downloads*. Assim, pode-se alimentar cada disciplina do curso de Engenharia Civil com conteúdo em cada uma das categorias propostas neste trabalho.

Apresenta-se nas Figuras 4.16 e 4.17 uma breve demonstração da seção da ferramenta intitulada de “Acadêmico: material teórico”.

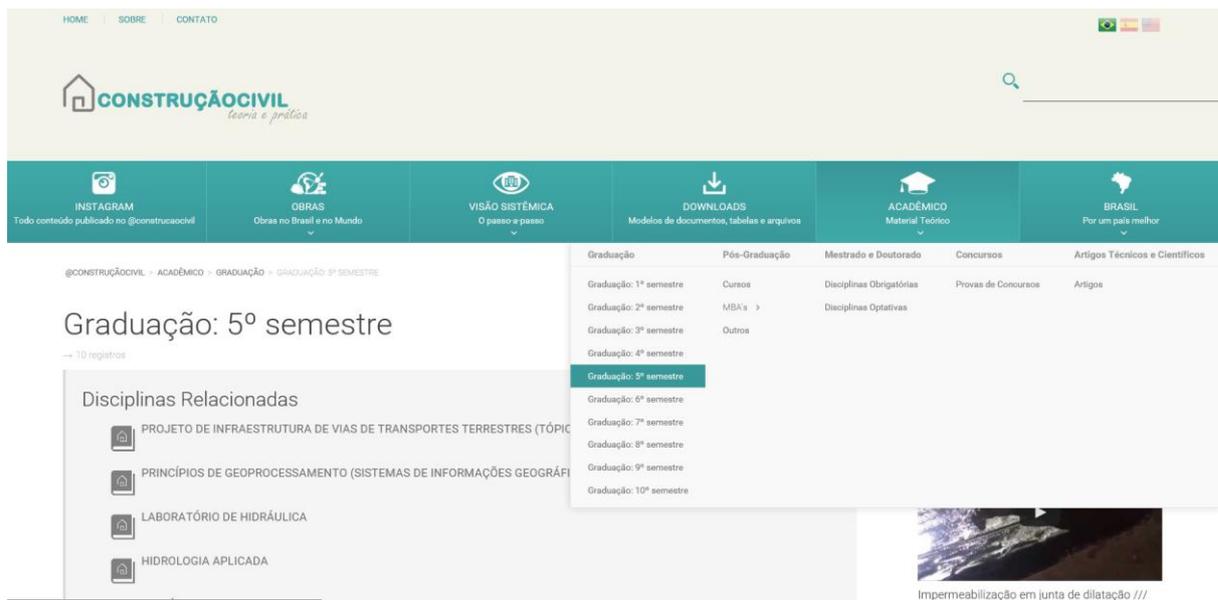


Figura 4.16 – Demonstração da seção Acadêmica (material teórico)



Figura 4.17 – Demonstração do funcionamento da seção de Acadêmica (material teórico)

Observa-se na Figura 4.16 e na Figura 4.17 as principais sub-categorias da categoria principal intitulada “Acadêmico – Material Teórico”:

- a) Graduação: separada por semestres do curso de Engenharia Civil com base nas grades e ementas das disciplinas ministradas na UnB e na USP.
- b) Pós-graduação: separada por cursos, MBAs (com foco principal nos cursos ofertados na FGV) e outros.
- c) Mestrado e doutorado: separados por disciplinas obrigatórias e optativas referentes ao Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil da Universidade de Brasília (Pecc/UnB).
- d) Concursos: separados por diferentes provas de concursos públicos e seus respectivos gabaritos destinados a estudantes de Engenharia Civil interessados em concursos públicos.
- e) Artigos técnicos e científicos: seção criada para pesquisadores que desejarem publicar e divulgar artigos técnicos e científicos gratuitamente.

4.1.3.6 Brasil: por um País melhor

Nesta seção da ferramenta criaram-se categorias relacionadas à indústria da construção civil brasileira ligada diretamente com o desenvolvimento do País. As categorias escolhidas foram: (1) Gerenciamento de projetos (incluem as quatorze áreas do conhecimento do PMI, 2013); (2) Educação (inclui a construção de centros de ensino, escolas e universidades); (3) Moradia (inclui a construção de casas e apartamentos); (4) Saúde (inclui a construção de postos de saúde e hospitais); (5) Segurança (inclui a construção de postos policiais e presídios); (6) Transporte (inclui a construção de aeroportos, ferrovias, hidrovias, metrô, pontes, portos e rodovias); (7) Infraestrutura básica (inclui a geração e distribuição de energia elétrica; captação, tratamento e distribuição de água; captação e tratamento de esgoto); (8) Problemas e patologias; (9) Sustentabilidade; (10) Acessibilidade; e (11) Livros.

A ideia principal desta seção é de estimular os estudantes, curiosos, profissionais da indústria da construção civil e governantes brasileiros a estudarem mais sobre as categorias elaboradas nesta ferramenta. Por meio dos exemplos presentes nas categorias, torna-se possível apresentar novas propostas, ideias e debates com uma única finalidade: o desenvolvimento e progresso do Brasil com relação à temática presente na ferramenta.

Apresenta-se nas Figuras 4.18 e 4.19 uma breve demonstração da seção da ferramenta intitulada de “Brasil: por um país melhor”.



Figura 4.18 – Demonstração da seção Brasil: por um país melhor

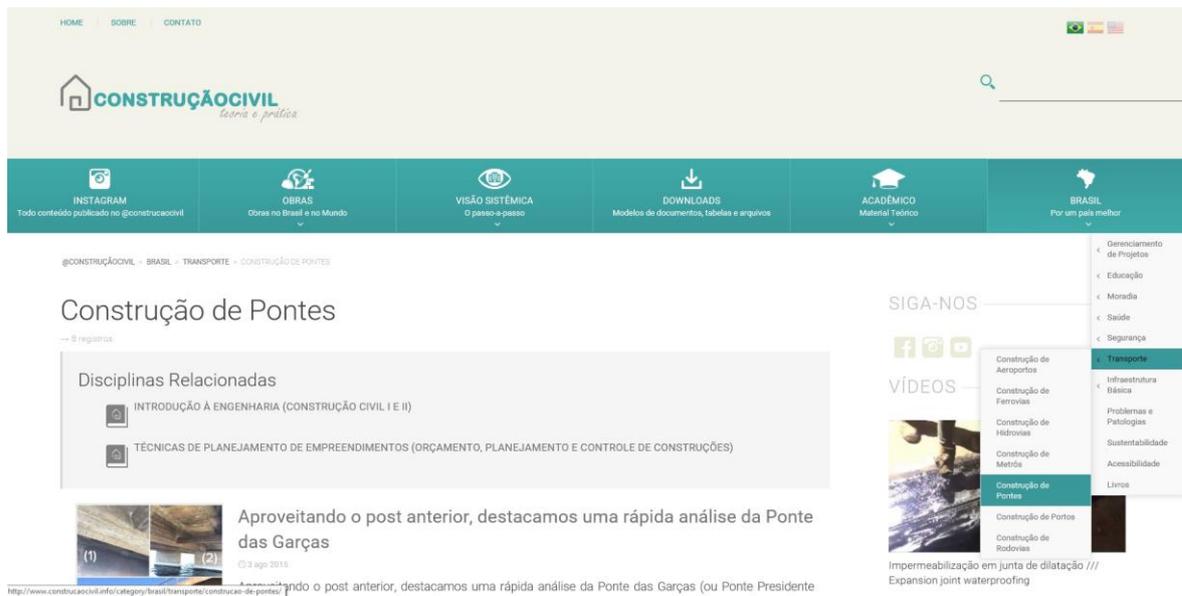


Figura 4.19 – Demonstração do funcionamento da seção Brasil: por um país melhor

4.1.4 Etapa 4 – Avaliação, Testes, *Feedback* e Validação do Modelo

A ferramenta elaborada conta com dispositivos apresentadores de estatísticas (Jetpack e *Google Analytics*) conforme apresentado nas Figuras 4.20 e 4.21.

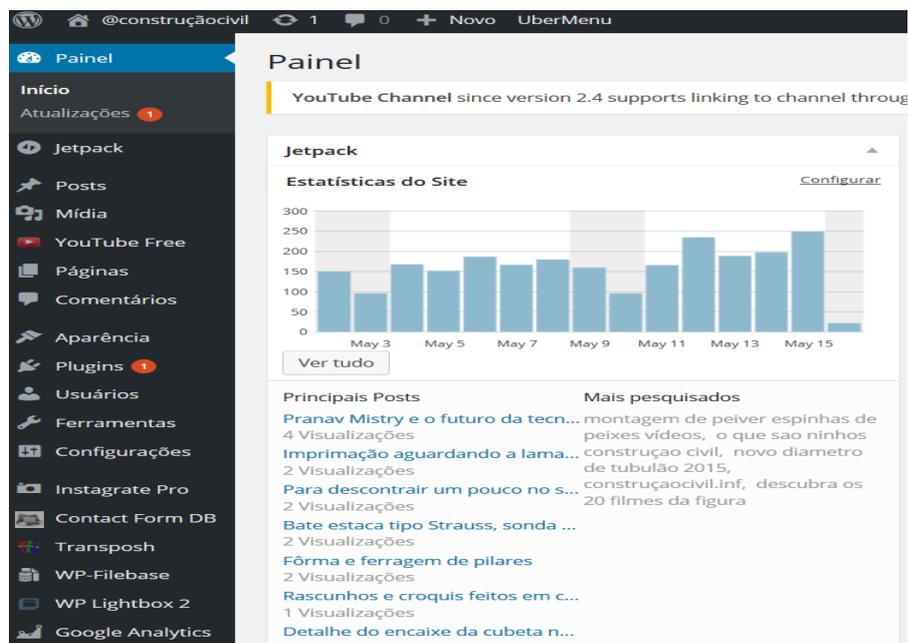


Figura 4.20 – Apresentação de estatísticas da ferramenta

Fonte: Adaptado de Jetpack (2015)

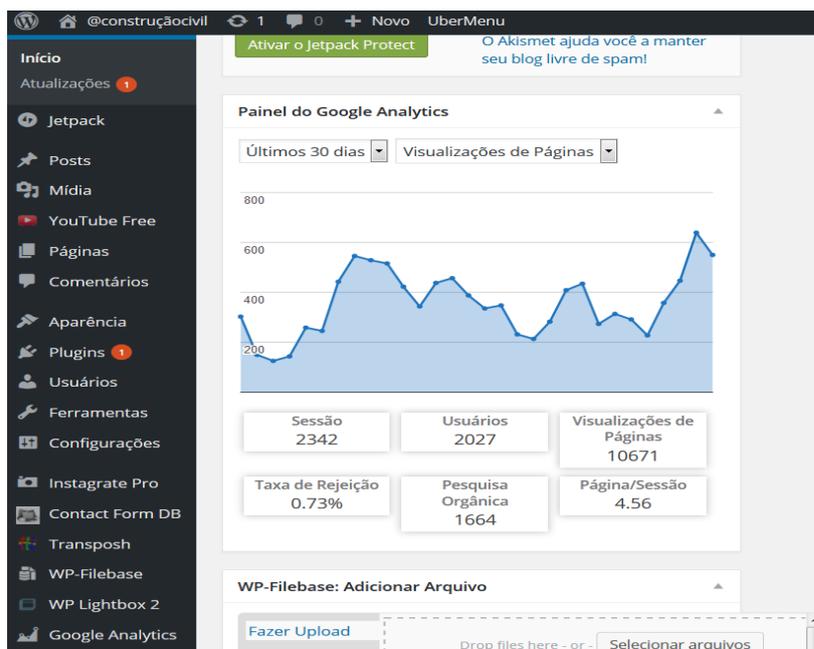


Figura 4.21 – Apresentação de estatísticas da ferramenta

Fonte: *Google Analytics* (2015)

Observa-se na Figura 4.20 uma média diária de 150 usuários que utilizam a ferramenta desenvolvida neste trabalho (em maio de 2015). Na Figura 4.21 apresentam-se valores de referência (em maio de 2015) como taxa de rejeição de 0,73%. Este valor é considerado baixo e comprova que a ferramenta possui um elevado índice de aprovação dos usuários (*feedback* positivo). Observa-se também na Figura 4.21 um total de 2.027 usuários e 10.671 visualizações de páginas no período (maio de 2015) em que foi utilizado o dispositivo apresentador destas estatísticas. Vale ressaltar que esses valores também são dinâmicos, ou seja, mudam de acordo com a utilização da ferramenta por usuários no Brasil e outros países do mundo.

Pakkala, Presser e Christensen (2012) confirmam que o uso do *Google Analytics* é simples e fornece informações úteis e versáteis que podem ser utilizadas para comparar diferentes *websites* e melhorar o design atual da página na Internet. Outras formas de *feedback* também foram obtidas por meio da utilização das redes sociais onde detectou-se uma integração positiva dos usuários. Concluiu-se que a ferramenta também auxiliou na solução de dúvidas de diversos usuários conforme demonstrado na Figura 4.22 até a Figura 4.24 com exemplos de *feedbacks* obtidos por meio do perfil na rede social *Instagram* (@construcaocivil) criado para fundamentar uma das partes deste trabalho.

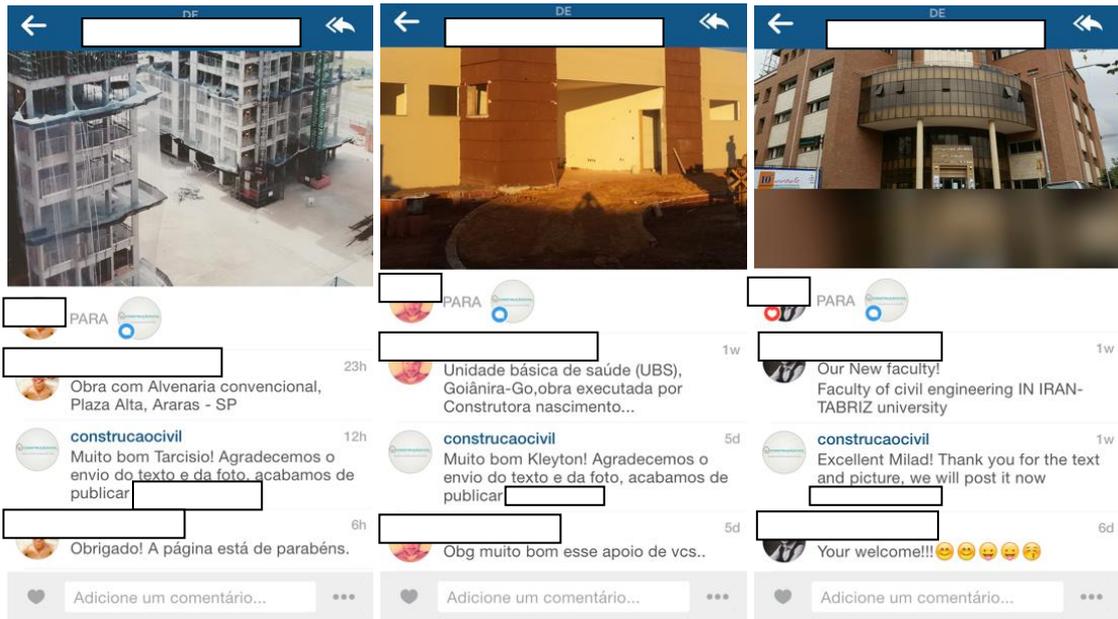


Figura 4.22 – Exemplos de feedbacks obtidos por meio da ferramenta

Fonte: *Instagram* (2015)

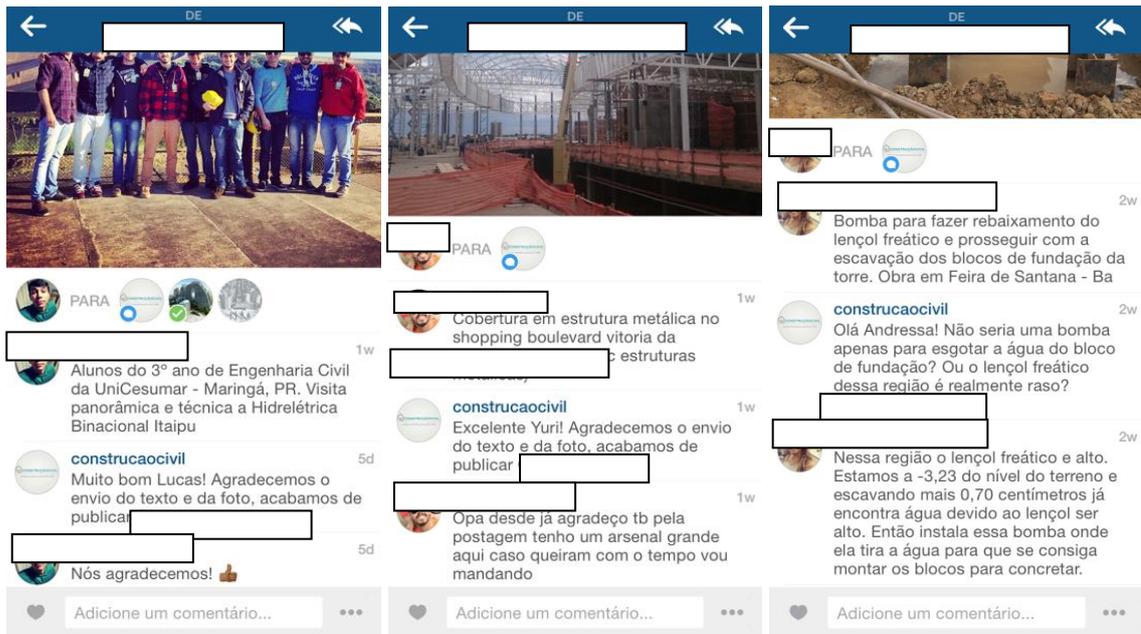


Figura 4.23 – Exemplos de feedbacks obtidos por meio da ferramenta

Fonte: *Instagram* (2015)

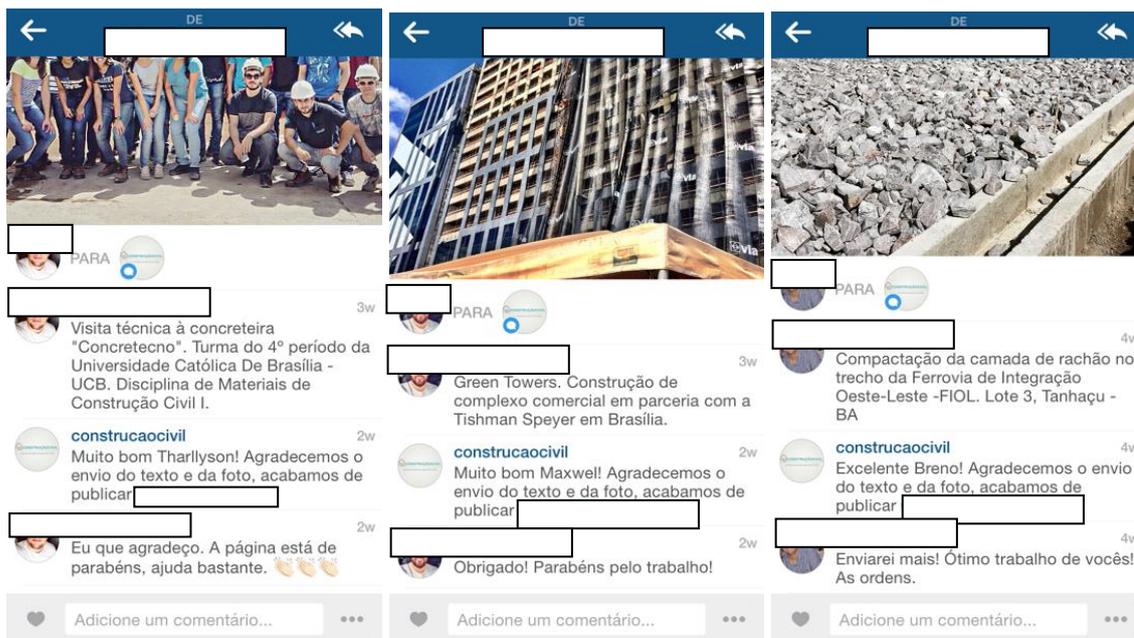


Figura 4.24 – Exemplos de feedbacks obtidos por meio da ferramenta

Fonte: *Instagram* (2015)

Por meio do conteúdo apresentado nas Figuras 4.22 a 4.24 observou-se o estímulo positivo que a ferramenta desenvolvida neste trabalho causou nos seus usuários e seguidores.

Os comportamentos reais (dados) de uso da ferramenta também foram medidos utilizando o *Google Analytics* (2015) e o software *Jetpack*, componentes instalados no sistema de programação do *Website* pelo programador e *web designer* Alexandre Benkendorf. Os principais parâmetros medidos foram: quantidade de sessões; quantidade de usuários; quantidade de visualizações de páginas; taxa de rejeição (%); pesquisa orgânica; indicador página/sessão; visualizações máximas em um dia no período da aferição de resultados. Vale destacar que a ferramenta (*website*) foi lançada no dia 25/02/2015.

4.1.4.1 Quantidade de Sessões

Apresenta-se na Figura 4.25, a evolução medida por meio do *Google Analytics* do primeiro parâmetro: quantidade de sessões.



Figura 4.25 – Evolução da quantidade de sessões da ferramenta

Observa-se na Figura 4.25 um crescimento não linear contínuo de sessões entre os períodos de 25/02/2015 até 17/06/2015 com uma leve queda entre 17/06/2015 até 15/07/2015 tendo como valor máximo para o período apresentado o de 4.113 sessões. A queda na quantidade de sessões apresentada no gráfico pode ser explicada pelo período de férias dos estudantes nos meses de junho e julho como se pode observar na Figura 4.25.

Também é possível obter o gráfico da evolução de sessões utilizando o painel de controle do *Google Analytics* instalado na ferramenta. Apresenta-se na Figura 4.26 a evolução da quantidade de sessões da ferramenta obtida diretamente do painel de controle para um período de 90 dias (medição realizada em 18/09/2015).

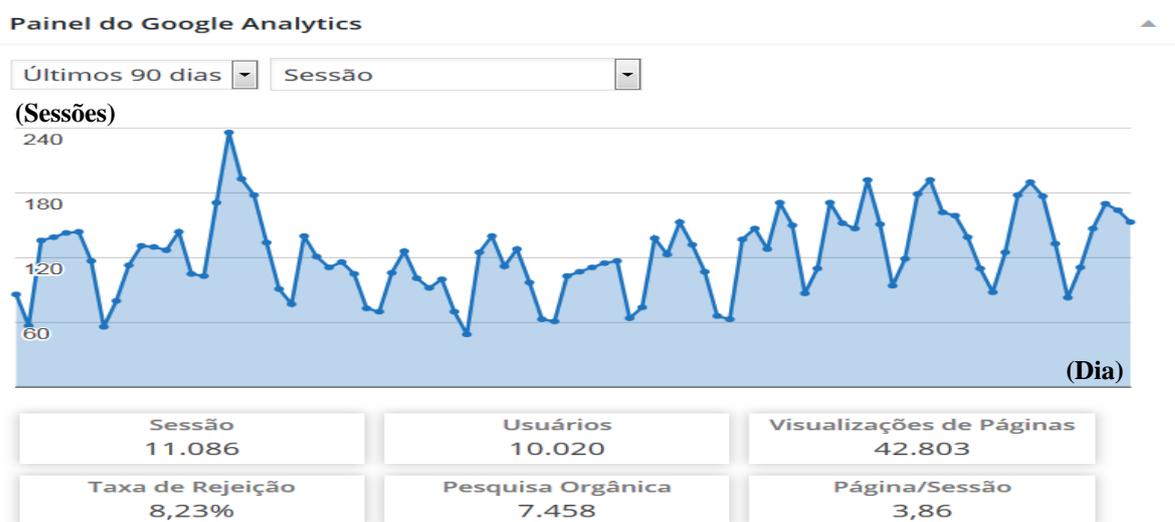


Figura 4.26 – Evolução da quantidade de sessões da ferramenta por um período de 90 dias

Fonte: *Google Analytics* (2015)

Observa-se na Figura 4.26 que os “picos” mais baixos de sessões são nos fins de semana (sábados e domingos) indicando os dias de descanso da maior parte dos estudantes, profissionais e outros usuários da ferramenta.

4.1.4.2 Quantidade de Usuários

Apresenta-se na Figura 4.27, a evolução medida por meio do *Google Analytics* do segundo parâmetro: quantidade de usuários.

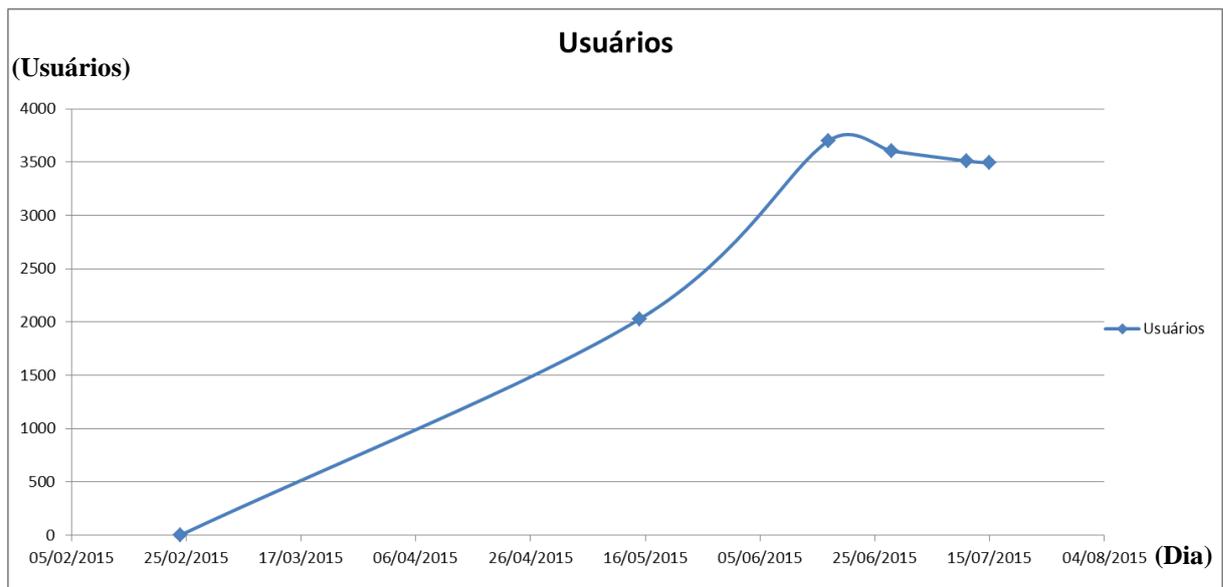


Figura 4.27 – Evolução da quantidade de usuários da ferramenta

Observa-se na Figura 4.27 um crescimento não linear contínuo de usuários entre os períodos de 25/02/2015 até 17/06/2015 com uma leve queda entre 17/06/2015 até 15/07/2015 tendo como valor máximo para o período apresentado o valor de 3.703 usuários. A queda na quantidade de usuários apresentada no gráfico pode ser explicada pelo período de férias dos estudantes nos meses de junho e julho como se pode observar na Figura 4.27.

Também é possível obter o gráfico da evolução de usuários utilizando o painel de controle do *Google Analytics* instalado na ferramenta. Apresenta-se na Figura 4.28 a evolução da quantidade de usuários da ferramenta obtida diretamente do painel de controle para um período de 90 dias (medição realizada em 18/09/2015).

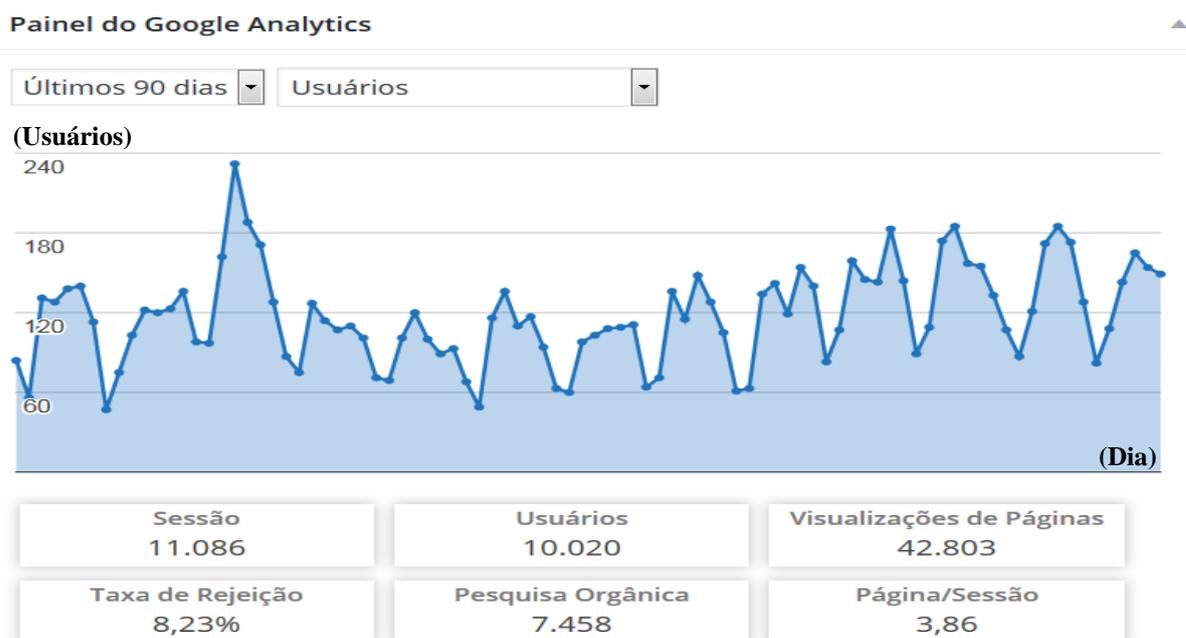


Figura 4.28 – Evolução da quantidade de usuários da ferramenta por um período de 90 dias

Fonte: *Google Analytics* (2015)

Observa-se que os menores “picos” de usuários foram nos fins de semana (sábados e domingos) indicando os dias de descanso da maior parte dos estudantes, profissionais e outros usuários da ferramenta.

4.1.4.3 Quantidade de Visualizações de Páginas

Apresenta-se na Figura 4.29, a evolução medida por meio do *Google Analytics* do terceiro parâmetro: quantidade de visualizações de páginas da ferramenta.

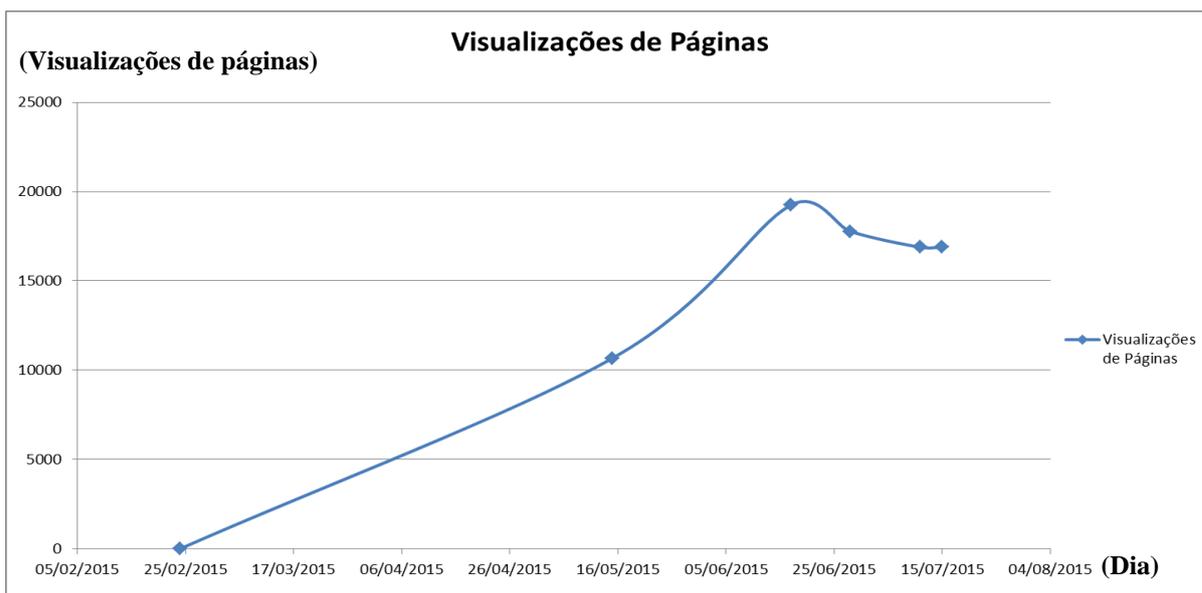


Figura 4.29 – Evolução da quantidade de visualizações de páginas da ferramenta

Observa-se na Figura 4.29 um crescimento não linear contínuo de visualizações de páginas da ferramenta entre os períodos de 25/02/2015 até 17/06/2015 com uma leve queda entre 17/06/2015 até 15/07/2015 tendo como valor máximo para o período apresentado o de 19.246 visualizações. A queda na quantidade de visualizações de páginas apresentada no gráfico pode ser explicada pelo período de férias dos estudantes nos meses de junho e julho como se pode observar na Figura 4.29.

Também é possível obter o gráfico da evolução de visualizações de páginas da ferramenta utilizando o painel de controle do *Google Analytics* instalado na ferramenta. Apresenta-se na Figura 4.30 a evolução do número de visualizações de páginas da ferramenta obtida diretamente do painel de controle para um período de 90 dias (medição realizada em 18/09/2015).

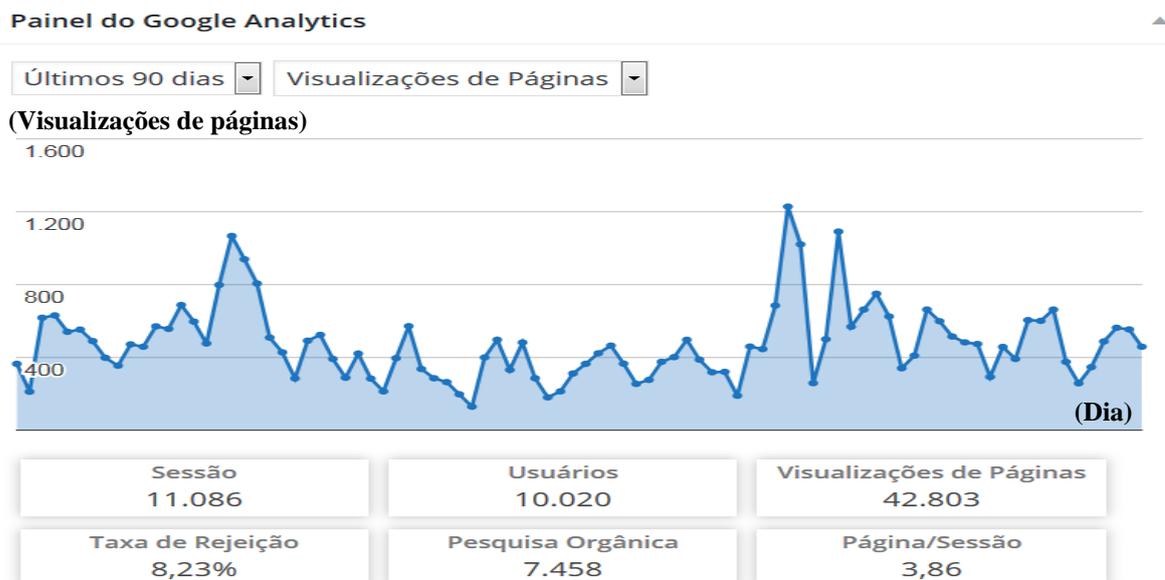


Figura 4.30 – Evolução das visualizações de páginas da ferramenta por um período de 90 dias
Fonte: Google Analytics (2015)

Mais uma vez observou-se os menores picos de visualizações de páginas durante os fins de semana (sábados e domingos) indicando os dias de descanso da maior parte dos estudantes, profissionais e outros usuários da ferramenta.

A verificação das visualizações máximas em um dia no período de medição de resultados é feita por meio do software *JetPack* instalado na ferramenta conforme apresentado na Figura 4.31.

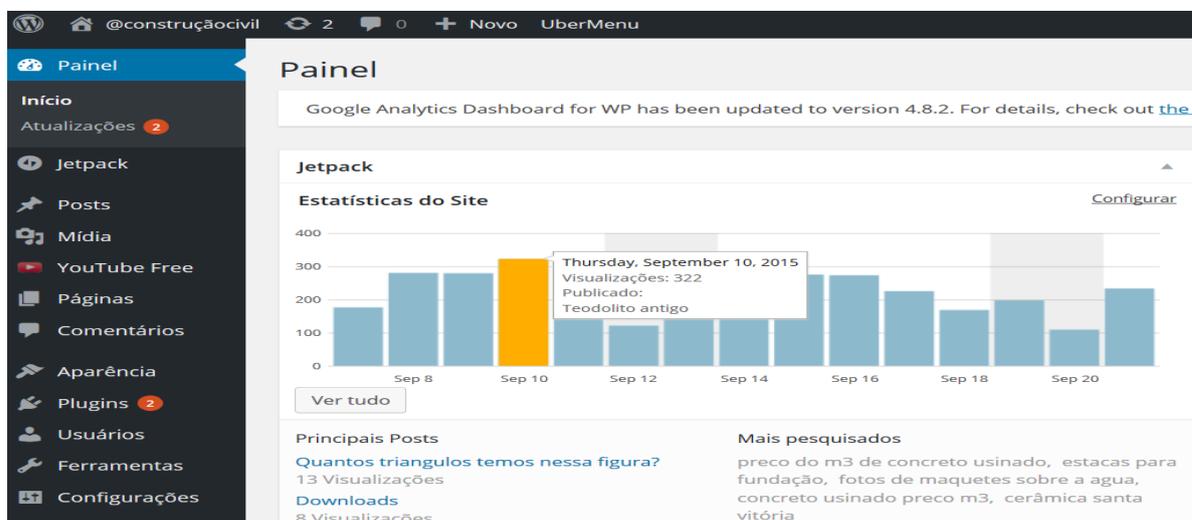


Figura 4.31 – Medição das visualizações máximas em um dia em um período específico.

Fonte: JetPack (2015)

Apresenta-se na Figura 4.32, a evolução medida por meio do software *JetPack* do parâmetro: quantidade de visualizações máximas da ferramenta em um dia no período de aferição dos resultados.

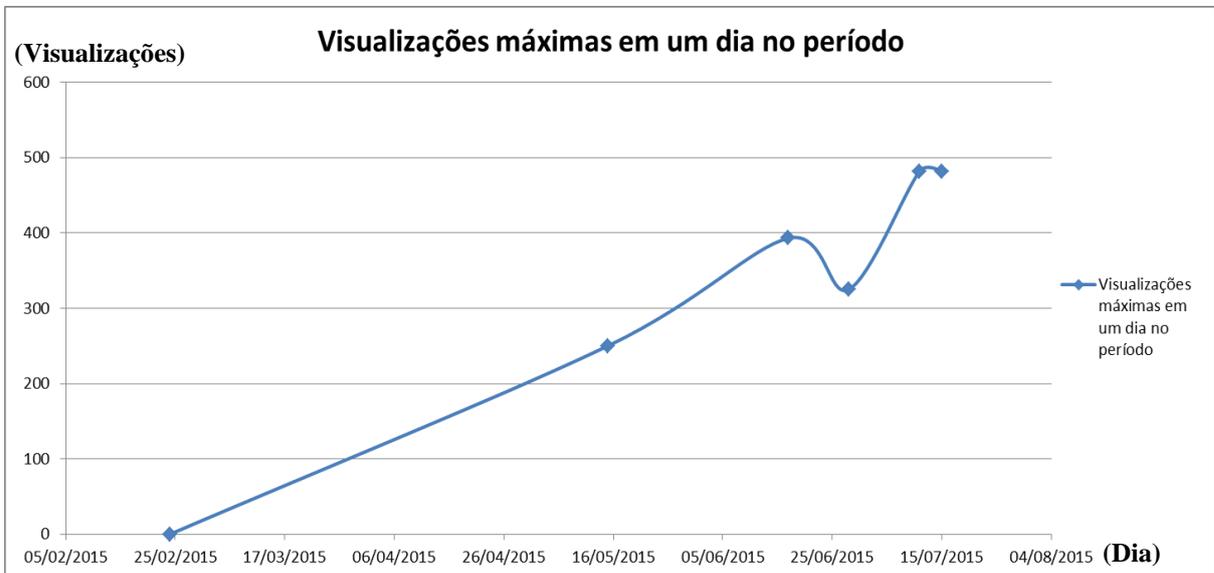


Figura 4.32 – Evolução das visualizações máximas em um dia no período de aferição de resultados da ferramenta

Observa-se na Figura 4.32 um crescimento contínuo de visualizações máximas em um dia no período de medição da ferramenta entre os períodos de 25/02/2015 até 17/06/2015 com uma leve queda na medição do dia 28/06/2015 e novo crescimento não linear até a última medição do dia 15/07/2015 tendo como valor máximo para o período apresentado o de 482 visualizações máximas em um único dia durante o período de medição.

4.1.4.4 Taxa de Rejeição

Apresenta-se na Figura 4.33, a evolução medida por meio do *Google Analytics* do quarto parâmetro: a taxa de rejeição da ferramenta.

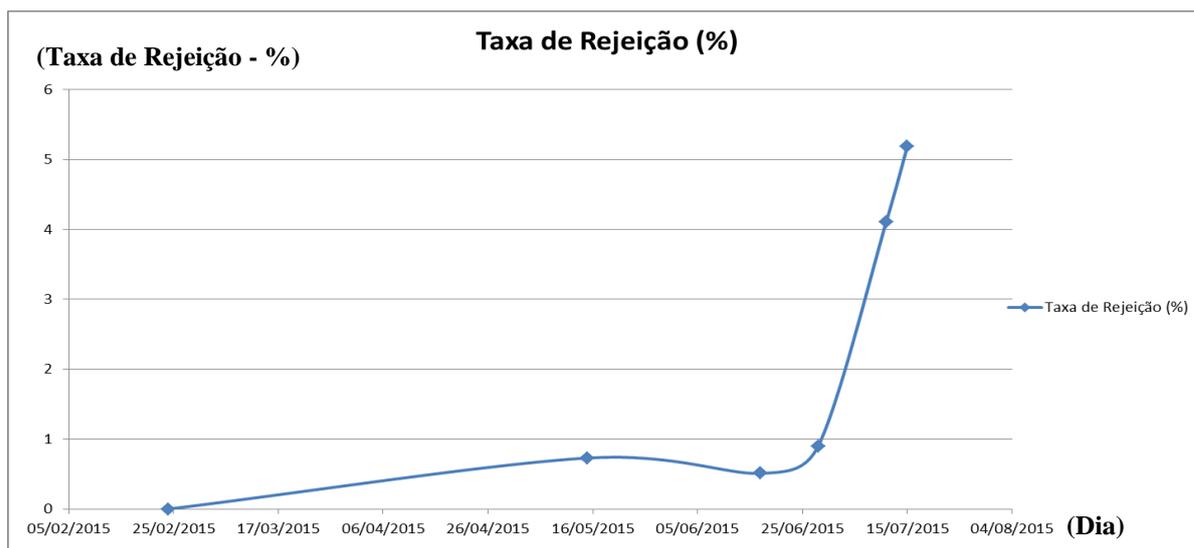


Figura 4.33 – Evolução da taxa de rejeição da ferramenta

Observa-se na Figura 4.33 um crescimento da taxa de rejeição entre os períodos de 25/02/2015 até 15/05/2015 seguido de um leve decréscimo até 17/06/2015 e finalizando com um brusco crescimento da taxa até a última medição feita em 15/07/2015 obtendo-se um valor máximo de 5,19 % (em uma escala de 100%). O aumento da taxa de rejeição pode ser explicado por meio de uma diminuição da interação dos usuários com a ferramenta no período de julho de 2015. Fazendo-se uma retroanálise utilizando-se este dado, pode-se destacar então uma taxa de aprovação mínima da ferramenta durante o período de medições de 94,81%.

Também é possível obter o gráfico da evolução da taxa de rejeição da ferramenta utilizando o painel de controle do *Google Analytics* instalado na ferramenta. Apresenta-se na Figura 4.34 a evolução da taxa de rejeição da ferramenta obtida diretamente do painel de controle para um período de 90 dias (medição realizada em 18/09/2015).

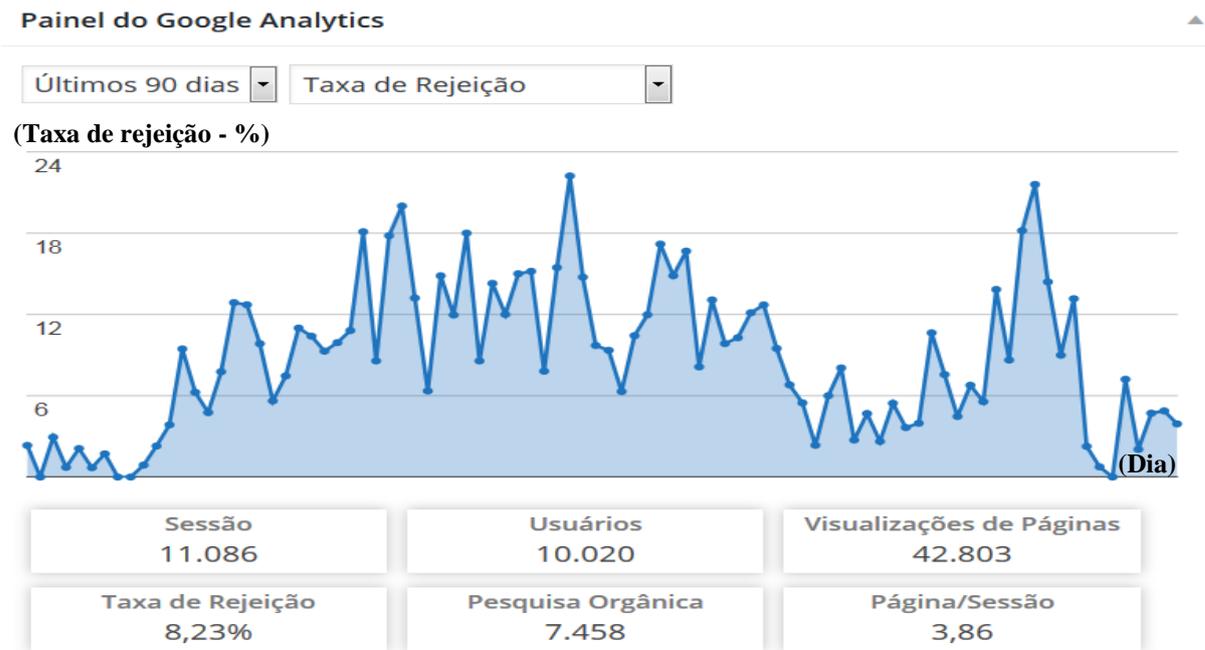


Figura 4.34 – Evolução da taxa de rejeição da ferramenta por um período de 90 dias

Fonte: *Google Analytics* (2015)

Observa-se na Figura 4.34 que a taxa de rejeição da ferramenta não apresentou valor maior que 24% (indicando uma taxa de “aprovação” de 76%).

4.1.4.5 Pesquisa Orgânica

Apresenta-se na Figura 4.35, a evolução medida por meio do *Google Analytics* do quinto parâmetro: a pesquisa orgânica.

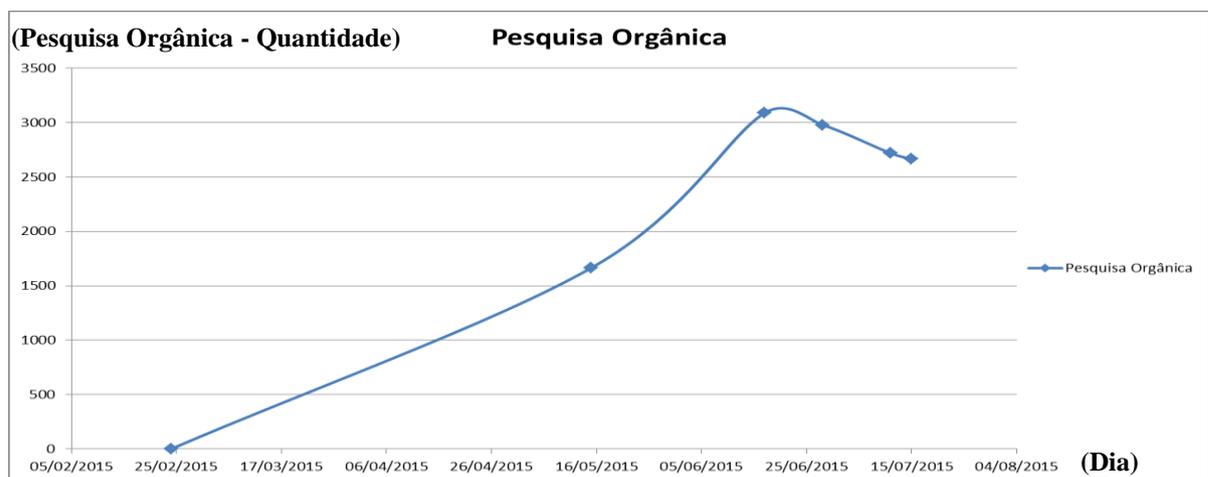


Figura 4.35 – Evolução da pesquisa orgânica da ferramenta

Observa-se na Figura 4.35 um crescimento não linear contínuo de pesquisas orgânicas da ferramenta entre os períodos de 25/02/2015 até 17/06/2015 com uma leve queda entre 17/06/2015 até 15/07/2015 tendo como valor máximo para o período apresentado o valor de 3088 pesquisas orgânicas. A queda na quantidade de pesquisas orgânicas apresentada no gráfico pode ser explicada pelo período de férias dos estudantes nos meses de junho e julho como pode-se observar na Figura 4.35.

Também é possível obter o gráfico da evolução das pesquisas orgânicas da ferramenta utilizando o painel de controle do *Google Analytics* instalado na ferramenta. Apresenta-se na Figura 4.36 a evolução das pesquisas orgânicas da ferramenta obtida diretamente do painel de controle para um período de 90 dias (medição realizada em 18/09/2015).

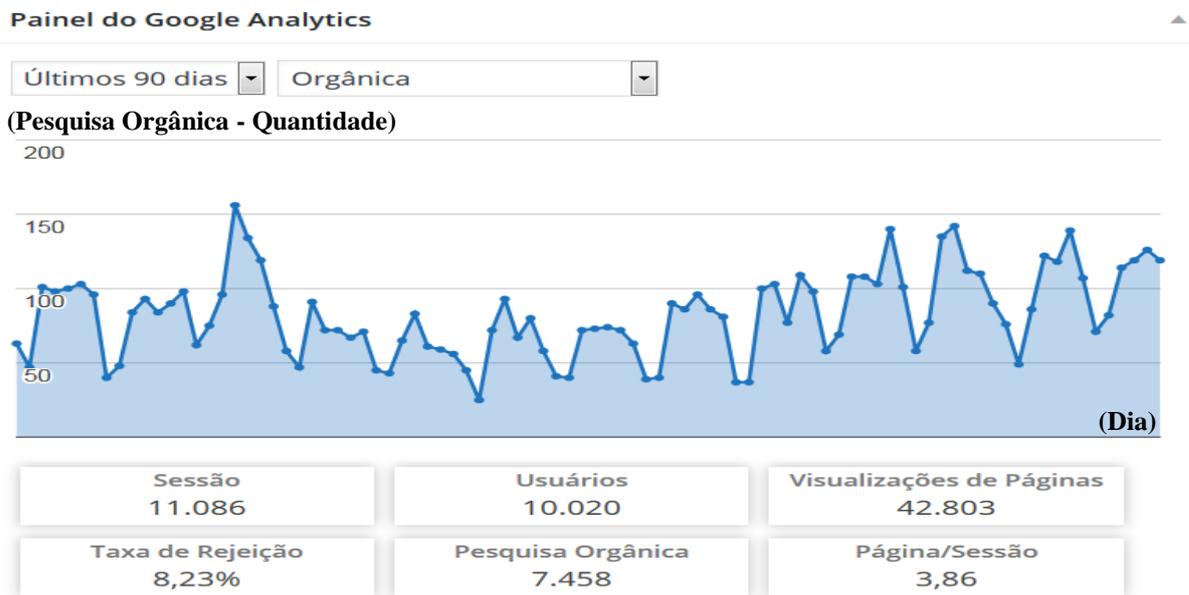


Figura 4.36 – Evolução das pesquisas orgânicas da ferramenta por um período de 90 dias

Fonte: *Google Analytics* (2015)

Observou-se mais uma vez os picos menores de pesquisas orgânicas durante os fins de semana (sábados e domingos) indicando os dias de descanso da maior parte dos estudantes, profissionais e outros usuários da ferramenta.

4.1.4.6 Indicador página/sessão

Apresenta-se na Figura 4.37, a evolução medida por meio do *Google Analytics* do sexto parâmetro: a quantidade de páginas/sessão.



Figura 4.37 – Evolução da quantidade de página/sessão da ferramenta

Observa-se na Figura 4.37 um crescimento contínuo de páginas/sessão da ferramenta entre os períodos de 25/02/2015 até 17/06/2015 com uma leve queda entre 17/06/2015 até 15/07/2015 tendo como valor máximo para o período apresentado o valor de 4,68 páginas/sessão. A queda no indicador página/sessão apresentado no gráfico pode ser explicada pelo período de férias dos estudantes nos meses de junho e julho como pode-se observar na Figura 4.37.

4.1.4.7 Localização dos acessos à ferramenta

Utilizando o *Google Analytics* (2015) também é possível obter a localização dos acessos à ferramenta por meio do painel de controle instalado na ferramenta. Apresentam-se na Figura 4.38 os países que acessaram a ferramenta; dados obtidos diretamente do painel de controle para um período de 90 dias (medição realizada em 18/09/2015).

Painel do Google Analytics

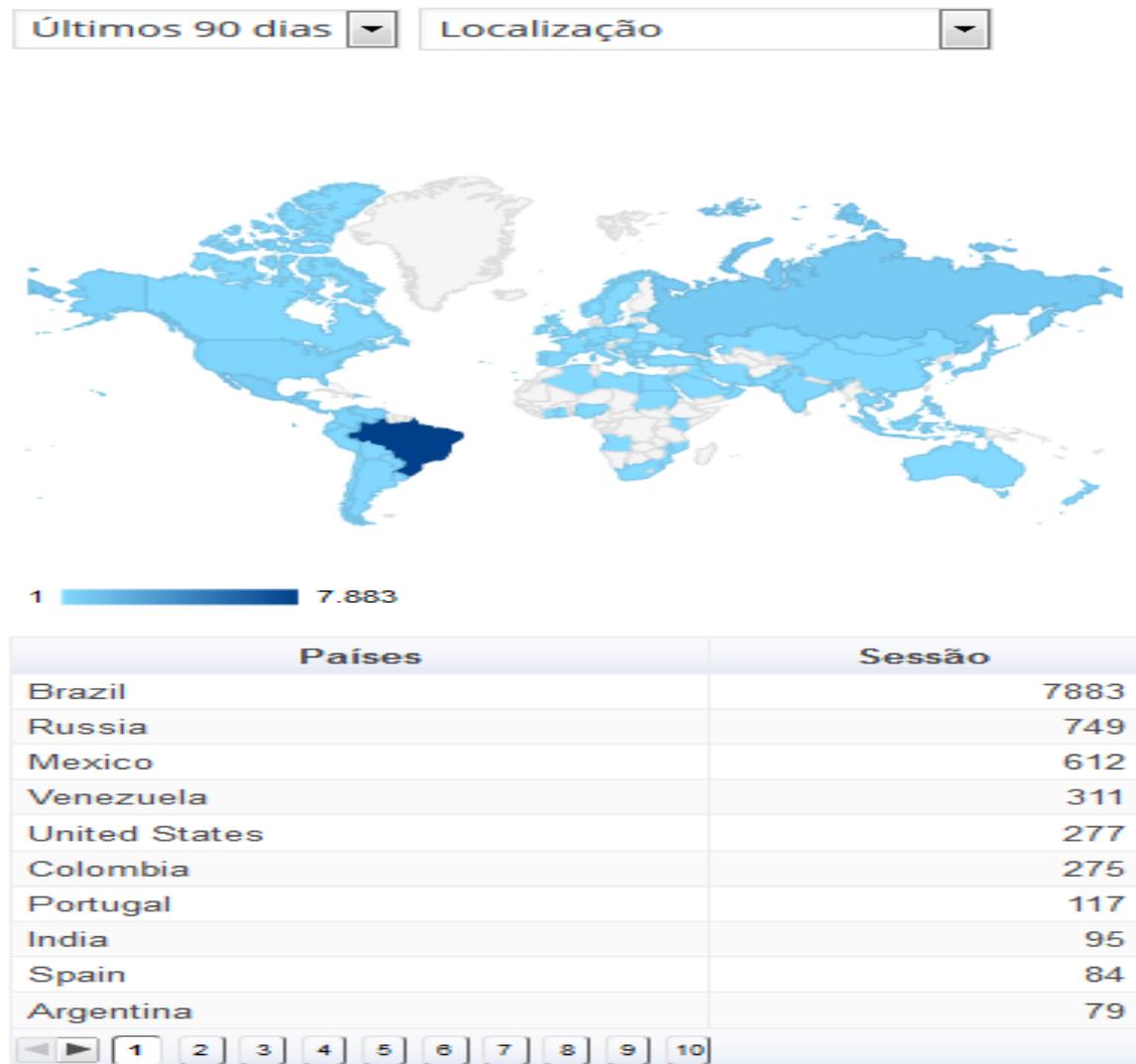


Figura 4.38 – Localização dos acessos à ferramenta

Fonte: *Google Analytics* (2015)

Vale ressaltar que os 10 principais países que acessaram a ferramenta pelo menos 1 vez desde o seu lançamento em 25/02/2015 foram: Brasil, Rússia, México, Venezuela, Estados Unidos, Colombia, Portugal, Índia, Espanha e Argentina. Destaca-se que outros 80 países também acessaram a ferramenta pelo menos 1 vez desde o seu lançamento.

4.1.4.8 Origem de referências feitas à ferramenta

Utilizando o *Google Analytics* também é possível obter as referências à ferramenta por meio do painel de controle instalado no *website*. Apresentam-se na Figura 4.39 as origens das

referências à ferramenta; dados obtidos diretamente do painel de controle para um período de 90 dias (medição realizada em 18/09/2015).

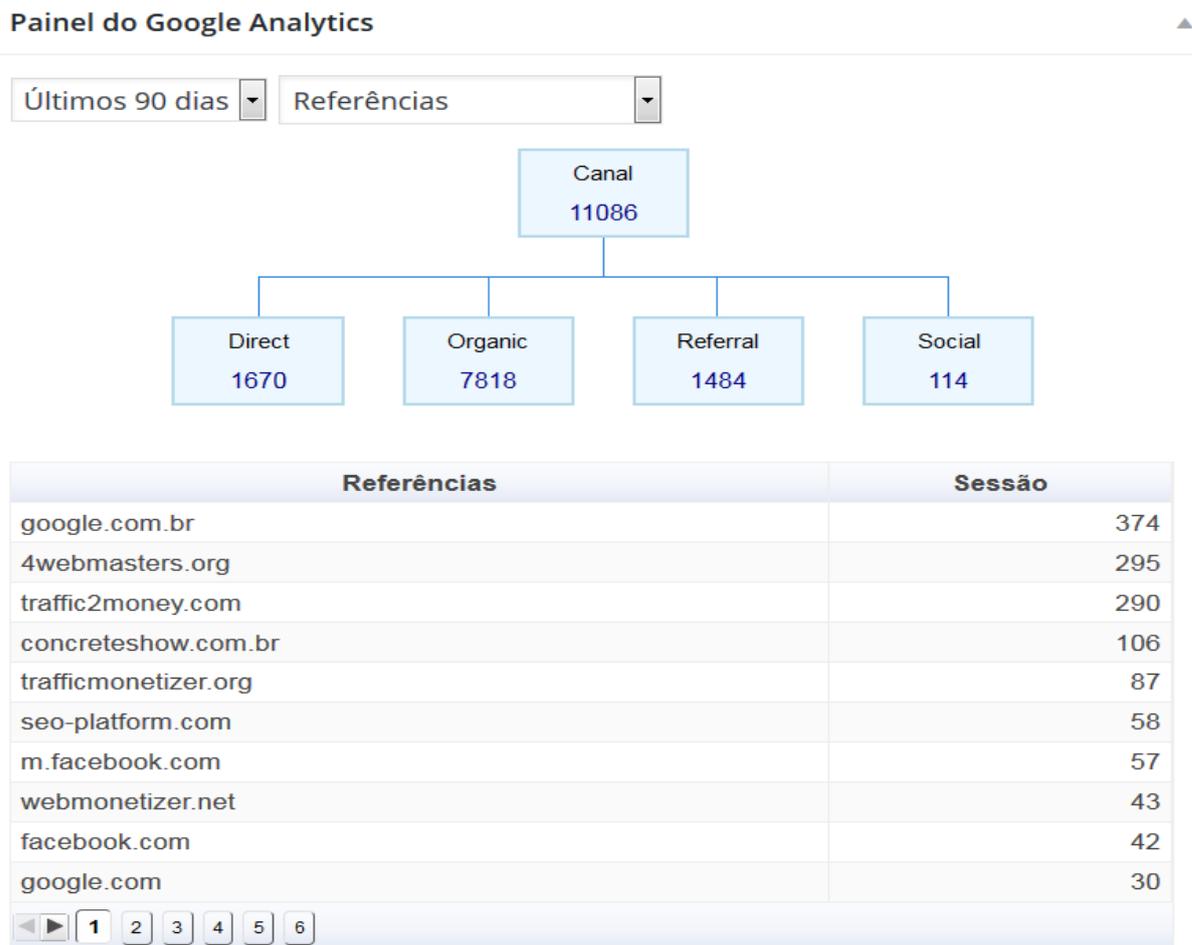


Figura 4.39 – Referências à ferramenta

Fonte: *Google Analytics* (2015)

Observa-se na Figura 4.39 que as principais referências à ferramenta foram feitas em: (1) google.com.br ; (2) 4webmasters.org ; (3) traffic2money.com e (4) concreteshow.com.br.

Além dos dados estatísticos já apresentados, também foram utilizados na pesquisa, os modelos de questionários apresentados no Apêndice A e no Apêndice B deste trabalho. O questionário foi primeiramente aplicado em 10 profissionais e depois em 35 estudantes de Engenharia Civil da Universidade de Brasília (UnB) e os resultados são apresentados nas subseções 4.1.4.9 e 4.1.4.10.

4.1.4.9 Avaliação dos profissionais

Neste item apresentam-se os resultados do questionário do Apêndice A, o qual foi aplicado nos profissionais que avaliaram a ferramenta proposta neste projeto.

Apresentam-se na Figura 4.40 os resultados da primeira etapa do questionário aplicado nos profissionais.



Figura 4.40 – Resultados da primeira etapa do questionário aplicado nos profissionais

Observa-se que o grau de conhecimento sobre SDM, DSR e EAP dos profissionais que responderam o questionário encontra-se abaixo de uma média de 4,0 em uma escala máxima

de 10,0. Diante desse resultado, infere-se que tais assuntos podem ser mais abordados nas salas de aula de Engenharia Civil no Brasil. Utilizando os resultados desta primeira etapa do questionário aplicado aos profissionais, destaca-se uma média de no mínimo 8,0 para todos os itens questionados. Portanto, concluiu-se que a ferramenta apresentou bons resultados para: ajudar a entender e acessar informações sobre a construção civil no Brasil; ajudar a entender o procedimento construtivo predial no Brasil; acessar informações sobre a construção civil e outras áreas da Engenharia Civil; acessar informações sobre disciplinas específicas do curso de Engenharia Civil; estimular a reflexão sobre o conteúdo apresentado na ferramenta; observar a articulação entre a teoria acadêmica e a prática profissional; resolver dúvidas sobre a construção civil predial no Brasil; a aprendizagem do usuário; auxiliar e estimular a melhoria da visão sistêmica de conceitos relacionados à construção civil. Como nota geral final, a ferramenta obteve uma nota média de 9,0 de acordo com a avaliação feita pelos profissionais.

Destacam-se como os oito principais pontos fortes da ferramenta de acordo com os profissionais: (1) disseminação do conhecimento (11%); (2) organização (11%); (3) diversidade de informações (11%); (4) união entre teoria e prática (9%); (5) participação de profissionais da construção civil (9%); (6) clareza (9%); (7) participação de alunos (8%) e (8) qualidade das informações (8%).

Ressaltam-se como os cinco principais pontos mais fracos da ferramenta de acordo com os profissionais: (1) pouca informação (20%); (2) fragilidade na autenticidade das informações (13%); (3) conteúdo desnecessário (7%); (4) Fragilidade na propriedade de conteúdo sendo divulgado (7%) e (5) fragilidade na veracidade das informações (6%).

Frisam-se as oito principais possíveis oportunidades que a ferramenta poderá gerar de acordo com os profissionais: (1) motivação para alunos de Engenharia Civil (17%); (2) projeto piloto para outras áreas do conhecimento (ex. Medicina, Direito, etc – 13%); (3) inspiração para temas relacionados à indústria da construção civil no Brasil (10%); (4) venda de publicidade direcionada (10%); (5) alianças estratégicas (8%); (6) integração com o mercado global (8%); (7) oportunidades de trabalho para usuários da ferramenta (7%) e (8) demanda de novos produtos e/ou serviços (7%).

Mencionam-se as três principais possíveis ameaças que a ferramenta poderá gerar de acordo com os profissionais: (1) concorrência predatória com outras ferramentas (22%); (2) novas tecnologias (14%); (3) ferramentas substitutas (14%).

Com os resultados obtidos nesta seção do questionário aplicado aos profissionais, foi possível montar uma matriz de SWOT (*Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats*) conforme apresentado na Tabela 4.2.

Tabela 4.2 – Matriz SWOT gerada na pesquisa com profissionais

<u>Pontos Fortes</u> (fatores internos controláveis)	(%)	<u>Pontos Fracos</u> (fatores internos controláveis)	(%)
Disseminação do conhecimento	11	Poucas informações	20
Organização	11	Fragilidade na autenticidade das informações	13
Diversidade de informações	11	Conteúdo desnecessário	7
União entre teoria e prática	9	Fragilidade na propriedade de conteúdo sendo divulgado	7
Participação de profissionais da construção civil	9	Fragilidade na veracidade de informações	6
Clareza	9		
Participação de alunos	8		
Qualidade das informações	8		
<u>Oportunidades</u> (fatores externos não controláveis)	(%)	<u>Ameaças</u> (fatores externos não controláveis)	(%)
Motivação para alunos de Engenharia Civil	17	Concorrência predatória com outras ferramentas	22
Projeto piloto para outras áreas do conhecimento (ex. Medicina, Direito, etc	13	Novas tecnologias	14
Inspiração para temas relacionados à indústria da construção civil no Brasil	10	Ferramentas substitutas	14
Venda de publicidade direcionada	10		
Alianças estratégicas	8		
Integração com o mercado global	8		
Oportunidades de trabalho para usuários da ferramenta	7		
Demanda de novos produtos e/ou serviços	7		

Utilizando a matriz SWOT apresentada na Tabela 4.2, destaca-se que os pontos fortes devem ser aprimorados para aproveitar as oportunidades geradas (exemplo: fortalecer a disseminação do conhecimento para motivar mais alunos de Engenharia Civil). Por outro lado, os pontos fracos da ferramenta devem ser corrigidos para não se somarem a possíveis ameaças que

possam aparecer (exemplo: fragilidade na veracidade de informações somar-se com ferramentas substitutas e com a concorrência predatória). Além disso, aperfeiçoar os pontos fortes da ferramenta também podem anular ameaças (exemplo: a diversidade de informações poderá anular ferramentas substitutas). Para melhorar a fragilidade na veracidade e autenticidade das informações e da propriedade de conteúdo recomenda-se a melhoria contínua da ferramenta com a colaboração e participação dos seus usuários.

Destacam-se como as cinco categorias mais beneficiados com a ferramenta de acordo com os profissionais que avaliaram o projeto: (1) estudantes (26%); (2) engenheiros (19%); (3) profissionais da indústria da construção civil (18%); (4) acadêmicos (16%); (5) curiosos (16%).

Os resultados dos questionários demonstraram ainda que os profissionais que avaliaram a ferramenta utilizam as redes sociais para tirar dúvidas profissionais e/ou acadêmicas com a seguinte frequência: (1) regularmente (40%); (2) nunca (30%); (3) ocasionalmente (20%); (4) sempre (10%). Pode-se então considerar que 70% dos profissionais que avaliaram o projeto usam de alguma forma as redes sociais em suas profissões.

Os profissionais que avaliaram a ferramenta apresentaram uma probabilidade de uso do *website* da seguinte maneira: (1) alta probabilidade de uso (40%); (2) média probabilidade de uso (30%); (3) baixa probabilidade de uso (30%). Portanto, pode-se concluir que 70% dos profissionais apresentaram média e alta probabilidade de uso da ferramenta desenvolvida neste trabalho.

Apresenta-se na Figura 4.41 a segunda parte do questionário de acordo com os profissionais que avaliaram a ferramenta elaborada nesta pesquisa.

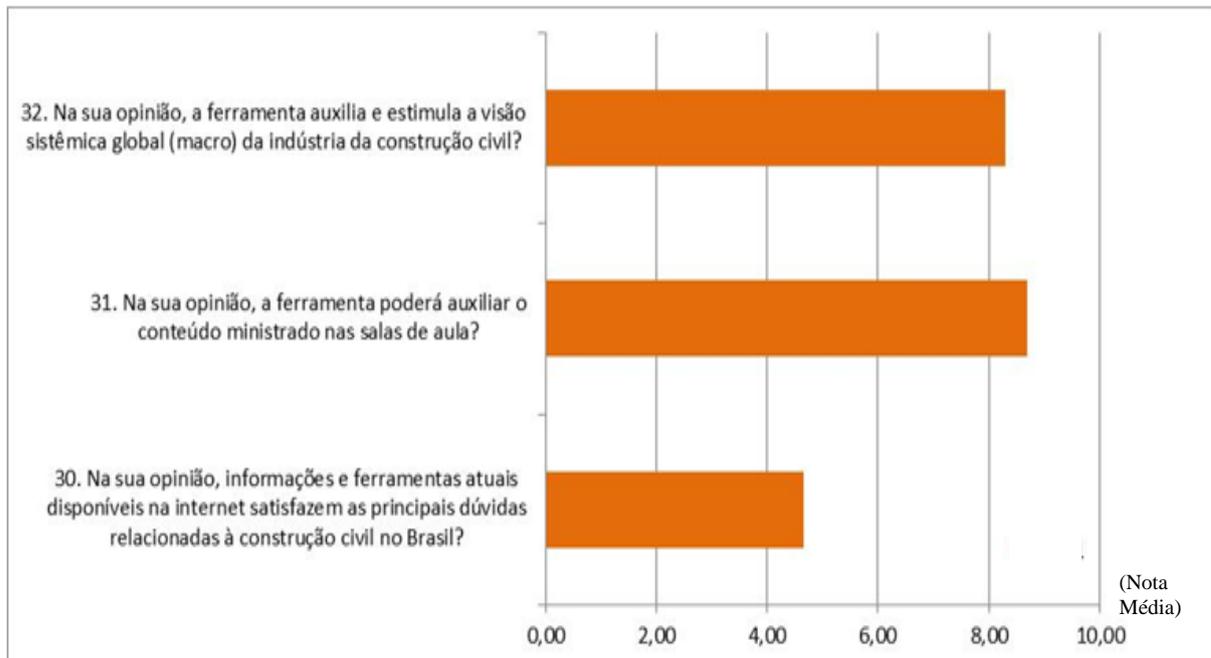


Figura 4.41 – Segunda parte do questionário de acordo com profissionais

De acordo com os resultados do final da segunda parte do questionário respondido por profissionais, as ferramentas atuais disponíveis na Internet não satisfazem de maneira satisfatória as principais dúvidas relacionadas à construção civil no Brasil (média inferior a 5,0). Os profissionais destacam que a ferramenta poderá auxiliar o conteúdo ministrado nas salas de aula e também que o *website* auxilia e estimula a visão sistêmica global (macro) da indústria da construção civil: ambos os questionamentos obtiveram uma média superior a 8,0.

Apresenta-se na Figura 4.42 a terceira e última parte da avaliação por meio do questionário (Apêndice A) aplicado: avaliação da visão sistêmica micro de acordo com profissionais.

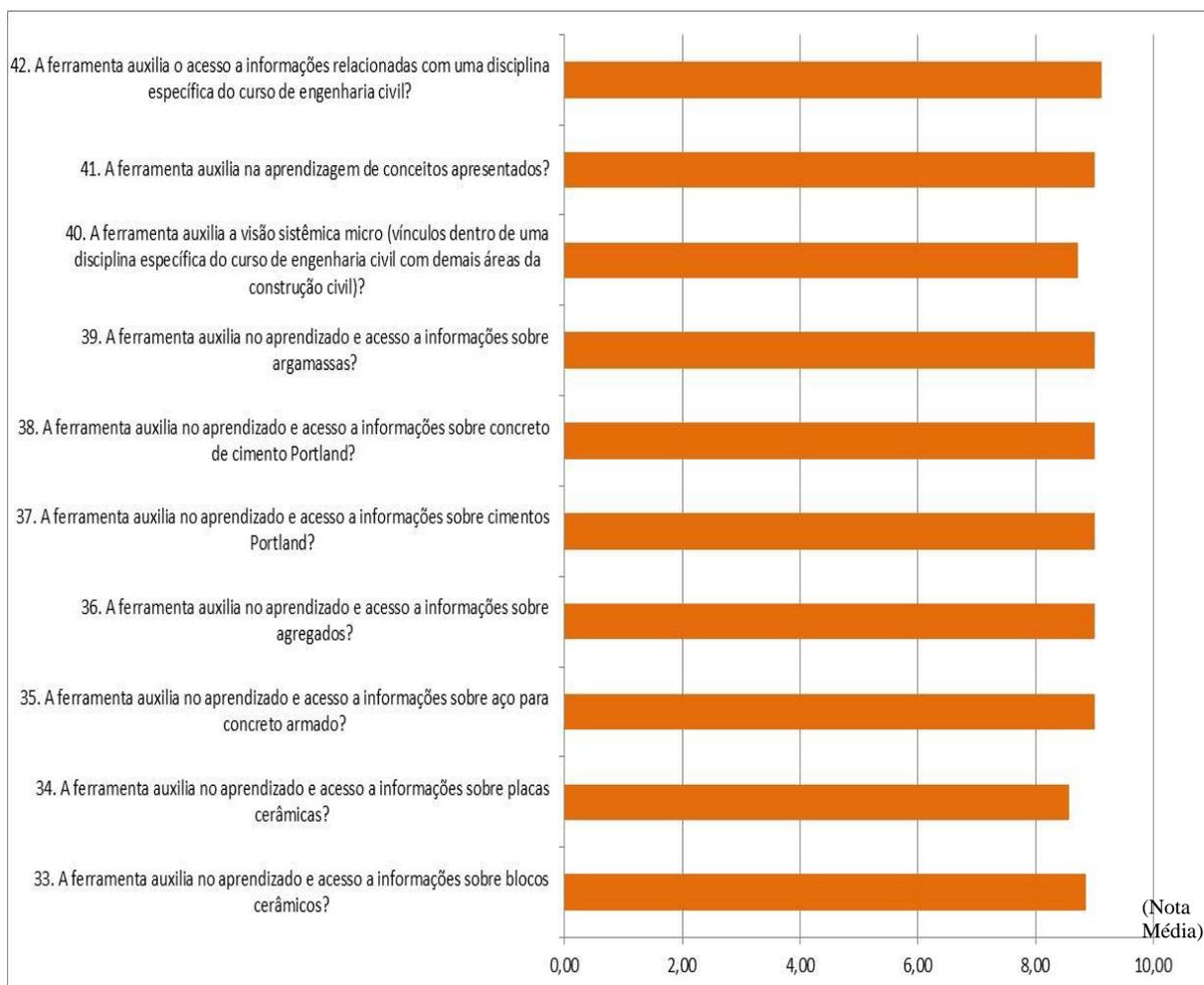


Figura 4.42 – Avaliação da visão sistêmica micro de acordo com profissionais

Observa-se no gráfico da Figura 4.42 que os profissionais avaliaram de maneira positiva (nota média acima de 8,0) as questões pertinentes à visão sistêmica micro. Concluiu-se, assim, que a ferramenta auxilia satisfatoriamente o aprendizado e acesso às informações sobre: blocos cerâmicos, placas cerâmicas, aço para concreto armado, agregados, cimentos Portland, concreto de cimento Portland e argamassas. Os profissionais também confirmaram positivamente que a ferramenta: auxilia a visão sistêmica micro (vínculos dentro de uma disciplina específica do curso de Engenharia Civil com demais áreas da construção civil destacados nos diagramas CLD apresentados na revisão teórica deste trabalho); facilita a aprendizagem de conceitos apresentados e, por fim, também promove o acesso a informações relacionadas com uma disciplina específica do curso de Engenharia Civil. Apresentam-se no Quadro 4.1 comentários feitos pelos profissionais que avaliaram a ferramenta.

Quadro 4.1 – Comentários dos profissionais sobre a ferramenta

Profissional Avaliador	Profissão	Comentários
Profissional 1	Engenheiro Civil (M.Sc.)	"O trabalho abre um leque de abrangência essencial. O Brasil já precisava de projetos semelhantes. O calcanhar de "Aquiles" está na equipe de <i>boys scout</i> para carregar o banco de dados do "construcaocivil.info." Pontos fracos destacados: garantia de manutenção constante; crescimento da base de dados.
Profissional 2	Engenheiro Civil (PhD)	"A ferramenta tem grande potencial tanto do ponto de vista acadêmico como profissional e deveria merecer apoio técnico e fomento da UnB."
Profissional 3	Engenheiro Civil	"Aguardar maturação da ferramenta para incorporar mais informações de campo." Ponto fraco destacado: alimentação do sistema.
Profissional 4	Engenheiro Civil (D.Sc.)	"Excelente ideia e ferramenta." Ponto forte destacado: ideia inédita. Ponto fraco destacado: poucas informações por não estar toda alimentada.
Profissional 5	Arquiteto	-
Profissional 6	Engenheiro Civil	"Deixo aqui os meus parabéns pelo ótimo trabalho desenvolvido à fim de auxiliar nossos trabalhos no ramo da construção civil. Esta ferramenta é de grande valia e de suma importância para que a nossa atividade obtenha melhora contínua. Gostei muito do seu trabalho."
Profissional 7	Engenheiro Mecânico	"Sugiro a introdução de links para uma pesquisa mais detalhada de alguns itens importantes." Ponto forte destacado: buscador na tela inicial. Ponto fraco destacado: informações incompletas.
Profissional 8	Engenheira de Produção	"A ferramenta é excelente e extremamente eficiente para integrar as informações globais de Engenharia Civil. A possibilidade de expansão da ferramenta para outras áreas do conhecimento é muito interessante." Ponto fraco destacado: atualização de algumas seções da página.
Profissional 9	Empresário	Pontos fracos destacados: possível falha de organização adequada na expansão do projeto; falta de conteúdo mais extenso.
Profissional 10	Advogado	-

4.1.4.10 Avaliação dos estudantes

Neste item apresentam-se os resultados do questionário do Apêndice B que foi aplicado em trinta e cinco estudantes de Engenharia Civil da Universidade de Brasília (UnB), os quais avaliaram a ferramenta proposta neste projeto.

Apresentam-se na Figura 4.43 os resultados da primeira etapa do questionário aplicado junto aos estudantes de Engenharia Civil da Universidade de Brasília (UnB).

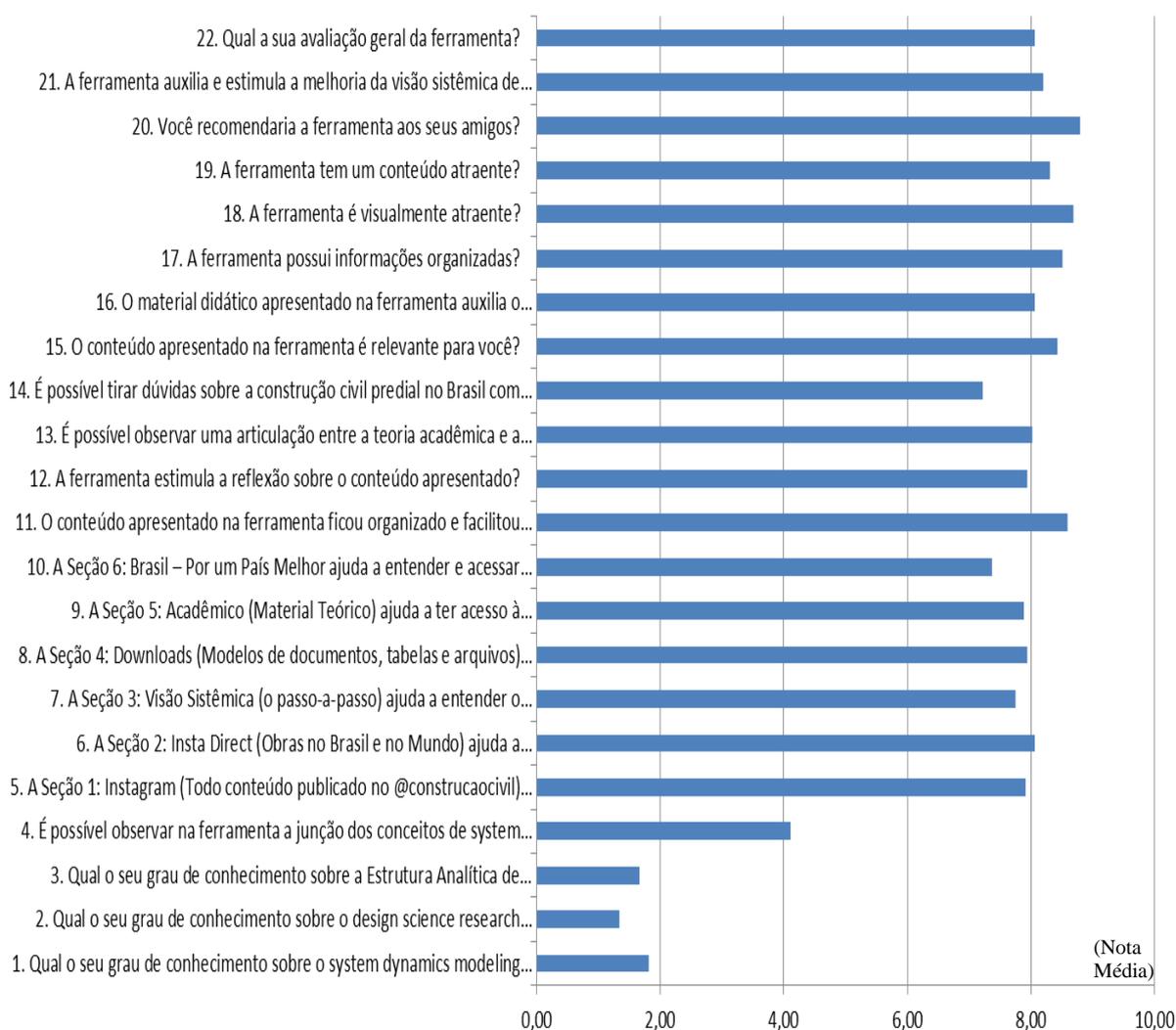


Figura 4.43 – Resultados da primeira etapa do questionário de acordo com os estudantes que avaliaram a ferramenta

Observa-se que o grau de conhecimento sobre SDM, DSR e EAP dos estudantes de Engenharia Civil da Universidade de Brasília (UnB) que responderam o questionário

encontra-se abaixo de uma média de 2,0 em uma escala máxima de 10,0 (resultado semelhante ao apresentado pelos profissionais que participaram da pesquisa). Diante deste resultado, infere-se que estes assuntos podem ser mais abordados nas salas de aula de Engenharia Civil na Universidade de Brasília (UnB). Utilizando os resultados desta primeira etapa do questionário aplicado aos estudantes de Engenharia Civil da UnB, destaca-se uma média de no mínimo 7,0 para todos os itens.

Concluiu-se que a ferramenta apresentou bons resultados para: ajudar a entender e acessar informações sobre a construção civil no Brasil; ajudar a entender o procedimento construtivo predial no Brasil; acessar informações sobre a construção civil e outras áreas da Engenharia Civil; acessar informações sobre disciplinas específicas do curso de Engenharia Civil; estimular a reflexão sobre o conteúdo apresentado na ferramenta; observar a articulação entre a teoria acadêmica e a prática profissional; resolver dúvidas sobre a construção civil predial no Brasil; auxiliar a aprendizagem do usuário; auxiliar e estimular a melhoria da visão sistêmica de conceitos relacionados à construção civil. Como nota geral final, a ferramenta obteve nota média de 8,06 (1 ponto abaixo da avaliação dos profissionais) de acordo com a avaliação feita pelos estudantes da UnB.

Destacam-se como os oito principais pontos fortes da ferramenta de acordo com os estudantes de Engenharia Civil da UnB que avaliaram o projeto: (1) disseminação do conhecimento (15%); (2) diversidade de informações (14%); (3) participação de profissionais da construção civil (12%); (4) união entre teoria e prática (10%); (5) organização (9%); (6) participação de alunos (9%); (7) capacidade de inovação (7%) e (8) buscador na tela inicial (5%).

Registram-se como os sete principais pontos mais fracos da ferramenta segundo os estudantes: (1) informações incompletas (19%); (2) fragilidade na autenticidade das informações (9%); (3) conteúdo desnecessário (8%); (4) fragilidade na veracidade de informações (7%); (5) fragilidade na propriedade do conteúdo sendo divulgado (7%); (6) falta de objetividade (7%); (7) crescimento da base de dados (7%).

Frisam-se as oito principais possíveis oportunidades que a ferramenta poderá gerar de acordo com os estudantes: (1) motivação para alunos de Engenharia Civil (21%); (2) inspiração para temas relacionados à indústria da construção civil no Brasil (14%); (3) integração com o mercado global (10%); (4) banco de dados de empresas do ramo (10%); (5) venda de

publicidade direcionada (9%); (6) projeto piloto para outras áreas do conhecimento (ex. Medicina, Direito, etc – 8%); (7) demanda de novos produtos e/ou serviços (8%); (8) alianças estratégicas (7%).

Destacam-se como as três principais possíveis ameaças que a ferramenta poderá gerar de acordo com os estudantes: (1) novas tecnologias (17%); (2) ferramentas substitutas (14%); (3) concorrência predatória com outras ferramentas (5%).

Com os resultados obtidos nesta seção do questionário aplicado aos estudantes, foi possível montar uma matriz de SWOT (*Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats*) conforme apresentado na Tabela 4.3.

Tabela 4.3 – Matriz SWOT gerada na pesquisa com estudantes

<u>Pontos Fortes</u> (fatores internos controláveis)	(%)	<u>Pontos Fracos</u> (fatores internos controláveis)	(%)
Disseminação do conhecimento	15	Informações incompletas	19
Diversidade de informações	14	Fragilidade na autenticidade das informações	9
Participação de profissionais da construção civil	12	Conteúdo desnecessário	8
União entre teoria e prática	10	Fragilidade na veracidade de informações	7
Organização	9	Fragilidade na propriedade do conteúdo sendo divulgado	7
Participação de alunos	9	Falta de objetividade	7
Capacidade de inovação	7	Crescimento da base de dados	7
Buscador na tela inicial	5		
<u>Oportunidades</u> (fatores externos não controláveis)	(%)	<u>Ameaças</u> (fatores externos não controláveis)	(%)
Motivação para alunos de Engenharia Civil	21	Novas tecnologias	17
Inspiração para temas relacionados à indústria da construção civil no Brasil	14	Ferramentas substitutas	14
Integração com o mercado global	10	Concorrência predatória com outras ferramentas	5
Banco de dados de empresas do ramo	10		
Venda de publicidade direcionada	9		
Projeto piloto para outras áreas do conhecimento (ex. Medicina, Direito, etc	8		
Demanda de novos produtos e/ou serviços	8		
Alianças estratégicas	7		

Utilizando a matriz SWOT apresentada na Tabela 4.3, destaca-se que os pontos fortes devem ser fortalecidos para aproveitar as oportunidades geradas (exemplo: fortalecer a disseminação do conhecimento para motivar mais alunos de Engenharia Civil). Por outro lado, os pontos fracos da ferramenta devem ser corrigidos para não se somarem a possíveis ameaças que possam aparecer (exemplo: fragilidade na veracidade de informações somar-se com ferramentas substitutas e com a concorrência predatória). Além disso, aprimorar os pontos fortes da ferramenta também podem anular ameaças (exemplo: a diversidade de informações poderá anular ferramentas substitutas).

Mencionam-se as cinco categorias mais beneficiadas com a ferramenta de acordo com os estudantes que avaliaram o projeto: (1) estudantes (23%); (2) engenheiros (21%); (3) curiosos (19%); (4) profissionais da indústria da construção civil (15%); (5) investidores (5%).

Os estudantes que avaliaram a ferramenta utilizam as redes sociais para tirar dúvidas profissionais e/ou acadêmicas com a seguinte frequência: (1) ocasionalmente (54%); (2) regularmente (26%); (3) nunca (17%); (4) sempre (3%). Pode-se então considerar que 83% dos estudantes que avaliaram o projeto usam de alguma forma as redes sociais em suas atividades acadêmicas.

Os alunos que avaliaram a ferramenta apresentaram uma probabilidade de uso do *website* da seguinte maneira: (1) alta probabilidade de uso (17%); (2) média probabilidade de uso (74%); (3) baixa probabilidade de uso (9%). Portanto, pode-se concluir que 91% dos estudantes apresentaram média e alta probabilidade de uso da ferramenta desenvolvida neste trabalho.

Apresenta-se na Figura 4.44 a segunda parte do questionário de acordo com os estudantes que avaliaram a ferramenta elaborada nesta pesquisa.

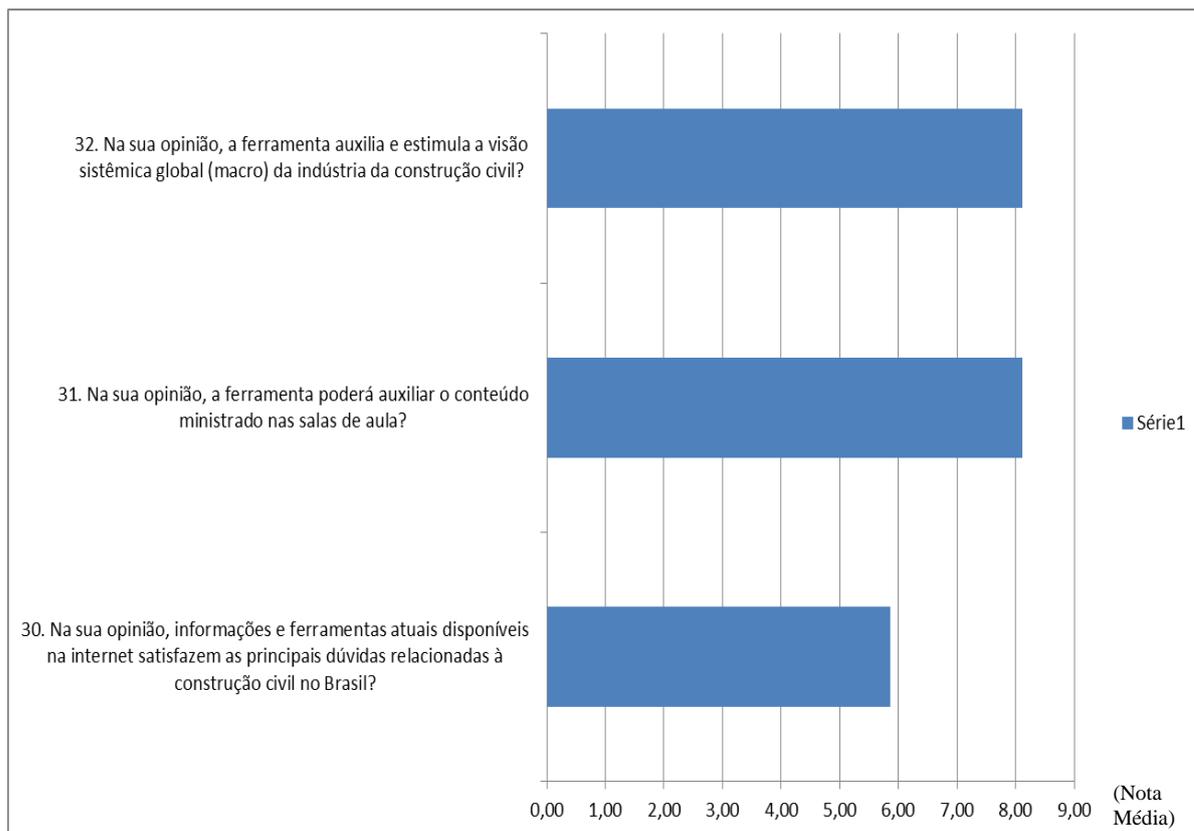


Figura 4.44 – Segunda parte do questionário de acordo com estudantes

De acordo com os resultados do final da segunda parte do questionário respondido por estudantes, as ferramentas atuais disponíveis na Internet não satisfazem as principais dúvidas relacionadas à construção civil no Brasil (média inferior a 6,0). Os estudantes destacam que a ferramenta poderá auxiliar o conteúdo ministrado nas salas de aula e também que o *website* auxilia e estimula a visão sistêmica global (macro) da indústria da construção civil: ambos os questionamentos obtiveram uma média superior a 8,0.

Apresenta-se na Figura 4.45 a terceira e última parte da avaliação por meio do questionário (Apêndice B) aplicado: avaliação da visão sistêmica micro de acordo com estudantes.

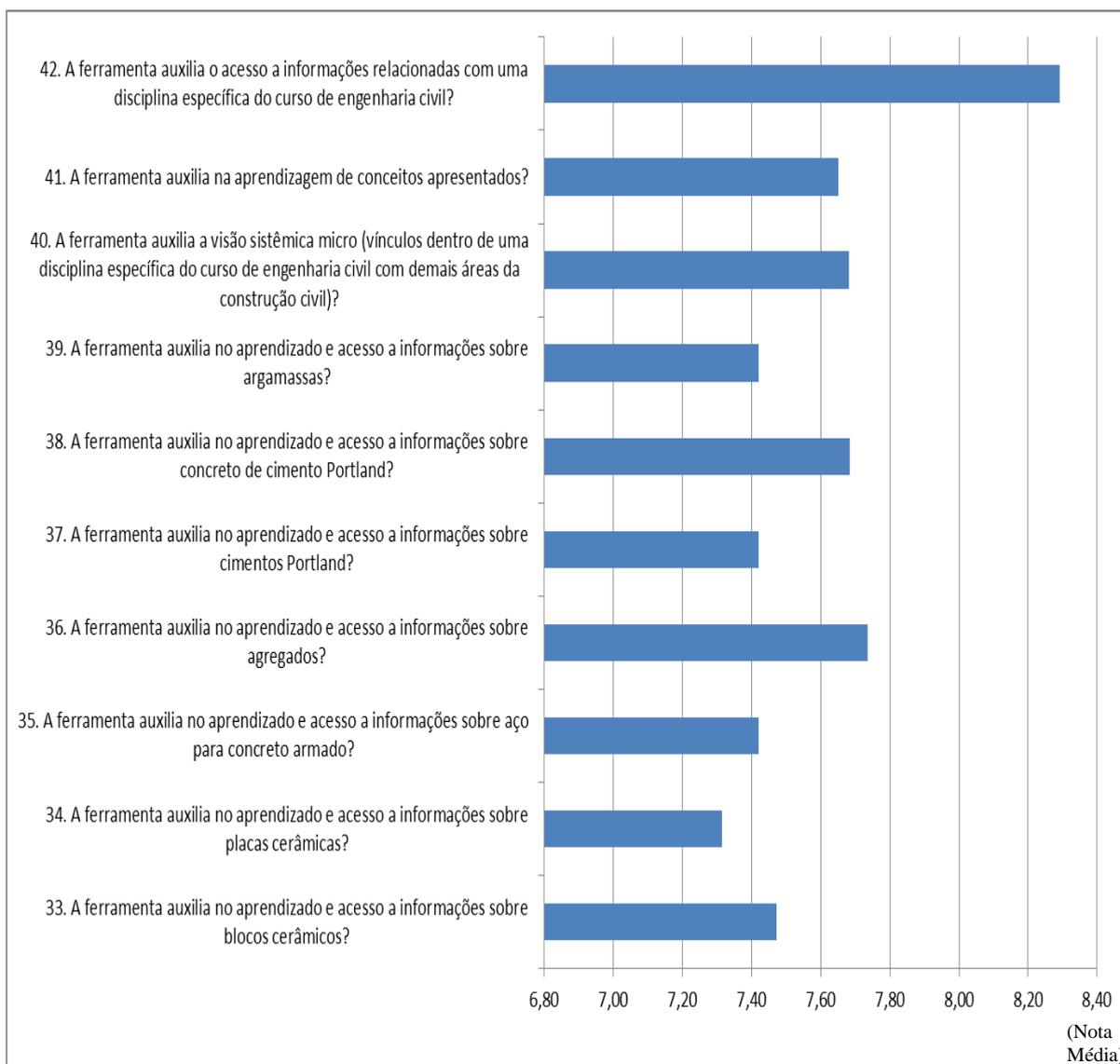


Figura 4.45 – Avaliação da visão sistêmica micro de acordo com estudantes

Observa-se no gráfico da Figura 4.45 que os estudantes avaliaram de maneira positiva (média acima de 7,2) as questões pertinentes à visão sistêmica micro presentes na ferramenta. Concluiu-se, portanto, que a ferramenta auxilia satisfatoriamente o aprendizado e acesso às informações sobre: blocos cerâmicos, placas cerâmicas, aço para concreto armado, agregados, cimentos Portland, concreto de cimento Portland e argamassas. Os estudantes também confirmaram positivamente que a ferramenta: auxilia a visão sistêmica micro (vínculos dentro de uma disciplina específica do curso de Engenharia Civil com demais áreas da construção civil destacados nos diagramas CLD apresentados na revisão teórica deste trabalho); facilita a aprendizagem de conceitos apresentados e, por fim, também promove o acesso a informações relacionadas com uma disciplina específica do curso de Engenharia Civil. Apresentam-se no Quadro 4.2 comentários feitos pelos avaliadores da ferramenta.

Quadro 4.2 – Comentários dos estudantes de Engenharia Civil da Universidade de Brasília (UnB) sobre a ferramenta

Aluno Avaliador	Comentários
Avaliador # 2	“Na breve apresentação, não observei empresas de materiais da construção civil no escopo do produto. Aconselho estudar a possibilidade de inserir informações sobre grandes corporações e seus processos de admissão, assim como trainee.”
Avaliador #3	“Talvez o site dependa demais de contribuições externas. Uma seção apenas da conta <i>construcaocivil</i> seja interessante.”
Avaliador #5	“A ferramenta é muito boa e inovadora quanto à proposta de dinamizar e universalizar tanto a divulgação quanto o acesso às novidades na área de construção civil. Os pontos a melhorar são inserir e alimentar com mais arquivos o site. Bom trabalho!”
Avaliador #6	“A ferramenta é bastante interessante para a disseminação de informação diversificada e muitas vezes inovadora. Por outro lado, limita-se à conexão profissional-informação básico. Se o interesse por algo encontrado na plataforma for verdadeiro, é necessário que o profissional busque em outro local por mais conhecimento. Uma sugestão seria a criação de uma melhor <i>linkagem</i> entre sites especializados nas informações mostradas nos links, não se prendendo apenas à informação profissional com a pessoa que mandou.”
Avaliador #14	“A ferramenta poderia dar um enfoque à área de transportes e focar também em informar as pessoas sobre as áreas da Engenharia Civil, de preferência os estudantes de ensino médio que querem fazer Engenharia Civil e que entram sem saber de todas as oportunidades que eles poderão ter.”
Avaliador #21	“Excelente trabalho. Parabéns!”
Avaliador #22	“A filtragem dos conteúdos carregados para o site por usuários do <i>Instagram</i> deve incluir tema ou área do conteúdo, permitindo filtragem por tema e visão sistêmica de quais setores foram realizados.”
Avaliador #30	“A ferramenta precisa ser mais direcionada para a Engenharia Civil. Conteúdo de cunho pessoal, visões políticas e alguns outros são pertinentes a outro tipo de projeto.”

Observa-se que oito dos trinta e cinco alunos fizeram comentários específicos na seção destinada para este tipo de participação, conforme apresentado no Apêndice B. Os demais estudantes que responderam o questionário optaram por não comentar nada específico sobre a ferramenta.

As oito principais áreas de atuação profissional escolhidas pelos estudantes que avaliaram o artefato foram: (1) estruturas e construção civil (14%); (2) empreendedorismo (12%); (3) projetos (escritórios de cálculo estrutural, instalações, etc – 10%); (4) gestão de projetos (orçamento, planejamento, etc – 10%); (5) concursos públicos e/ou carreira pública (9%); (6) geotecnia e fundações (8%); (7) infraestrutura básica (água, energia, esgoto – 6%); (8) estradas (6%).

4.1.5 Etapa 5 – Uso, Implementação e Disseminação do Modelo

Na etapa de uso, implementação e disseminação do modelo da ferramenta proposta os esforços foram concentrados na divulgação da ferramenta com o uso das redes sociais e canal de divulgação de conteúdo audiovisual. Esta estratégia se mostrou eficiente, pois a quantidade de usuários aumentou de maneira contínua devido à divulgação do sistema desenvolvido neste trabalho nas redes sociais.

Para assegurar que todo o processo de modelagem girasse em torno dos problemas de interesse do público (dono do problema, cliente, entre outros), buscou-se a divulgação de conteúdo relacionado com a indústria da construção civil no Brasil.

4.1.6 Etapa 6 – Design da Estratégia de Aprendizagem/Infraestrutura

Na etapa de design da estratégia de aprendizagem/infraestrutura, foram elaborados ajustes na ferramenta, mais especificamente nos diagramas simplificados de laço-causal (CLD) apresentados nas Figuras 4.5 e 4.7. Uma relação de lições aprendidas na sexta etapa da pesquisa também foi realizada conforme apresentado no Quadro 4.3.

Quadro 4.3 - Relação de lições aprendidas como estratégia de aprendizagem e melhoria da infraestrutura da ferramenta proposta

Problema observado	Lição aprendida	Medida corretiva adotada
Discussões mal educadas e ofensivas entre usuários da ferramenta.	Ferramentas gratuitas e abertas ao público estão sujeitas a comentários mal educados e ofensivos.	Apagar comentários ofensivos e não construtivos; bloquear o uso de usuários mal intencionados.
Colaboradores do sistema enviando informações incorretas.	Muitos colaboradores apesar da boa fé, não apresentam conhecimento de causa ou simplesmente querem aparecer.	Análise e verificação mais minuciosa de todo conteúdo enviado por colaboradores antes de publicar na ferramenta.
Críticas de participantes e usuários da ferramenta sem fundamento ou base de conhecimento.	Por falta de estudo ou conhecimento técnico e/ou prático, muitos tomam seu próprio conceito como verdade única. Com um pouco mais de estudos, muitos aprenderiam novos conceitos sobre o mesmo assunto.	Publicação de conceitos básicos (ex. definições de dicionários e artigos científicos) sobre diferentes assuntos.
Falta de domínio de outros idiomas como o Árabe e o Francês.	Ferramentas abertas ao público internacional estão sujeitas à participação de diferentes nacionalidades e portanto diferentes idiomas.	Nenhuma medida corretiva foi adotada para este problema pois as informações publicadas na ferramenta são em Português e inglês (idioma universal).

O *Google Analytics* (2015) foi uma ferramenta eficiente para avaliação e medição dos resultados e estatísticas geradas pelo *website* desenvolvido neste trabalho nos seguintes pontos principais: quantidade de sessões, usuários, visualizações de páginas, taxa de rejeição, pesquisas orgânicas, localização dos acessos e referências à ferramenta.

Na avaliação da ferramenta feita por profissionais, concluiu-se que a ferramenta apresentou bons resultados para: ajudar a entender e acessar informações sobre a construção civil no Brasil; ajudar a entender o procedimento construtivo predial no Brasil; acesso a informações sobre a construção civil e outras áreas da Engenharia Civil; acesso a informações sobre disciplinas específicas do curso de Engenharia Civil; conteúdo organizado e fácil acesso às informações; estímulo à reflexão sobre o conteúdo apresentado na ferramenta; observação da articulação entre a teoria acadêmica e a prática profissional; resolução de dúvidas sobre a construção civil predial no Brasil; conteúdo relevante e atraente; o material didático apresentado na ferramenta auxiliando a aprendizagem do usuário; informações organizadas; visual atraente; boa recomendação a amigos; auxílio e estímulo da melhoria da visão sistêmica de conceitos relacionados à construção civil. Como nota geral final, a ferramenta obteve nota média de 9,0 de acordo com a avaliação feita pelos profissionais.

Considerou-se que 70% dos profissionais que avaliaram o projeto usam de alguma forma as redes sociais em suas profissões; concluiu-se também que 70% dos profissionais apresentaram média e alta probabilidade de uso da ferramenta desenvolvida neste trabalho. Os profissionais destacam que a ferramenta poderá auxiliar o conteúdo ministrado nas salas de aula e também que o *website* auxilia e estimula a visão sistêmica global (macro) da indústria da construção civil: ambos os questionamentos obtiveram uma média superior a 8,0. Os profissionais avaliaram de maneira positiva (média acima de 8,0) as questões pertinentes à visão sistêmica micro. Concluiu-se, portanto, que a ferramenta auxilia satisfatoriamente o aprendizado e acesso às informações sobre: blocos e placas cerâmicas, aço para concreto armado, agregados, cimentos Portland, concreto de cimento Portland e argamassas. Os profissionais também confirmaram positivamente que a ferramenta: auxilia a visão sistêmica micro (vínculos dentro de uma disciplina específica do curso de Engenharia Civil com demais áreas da construção civil destacados nos diagramas CLD apresentados na Revisão Teórica deste trabalho); auxilia na aprendizagem de conceitos apresentados e por fim também auxilia o acesso a informações relacionadas com uma disciplina específica do curso de Engenharia Civil.

Avaliação da ferramenta feita por estudantes de Engenharia Civil da Universidade de Brasília (UnB): concluiu-se que a ferramenta apresentou bons resultados para ajudar a entender e acessar informações sobre a construção civil no Brasil; ajudar a entender o procedimento construtivo predial no Brasil; acesso a informações sobre a construção civil e outras áreas da Engenharia Civil; acesso a informações sobre disciplinas específicas do curso de Engenharia Civil; conteúdo organizado e fácil acesso às informações; estímulo à reflexão sobre o conteúdo apresentado na ferramenta; observação da articulação entre a teoria acadêmica e a prática profissional; resolução de dúvidas sobre a construção civil predial no Brasil; conteúdo relevante e atraente; o material didático apresentado na ferramenta auxiliando a aprendizagem do usuário; informações organizadas; visual atraente; boa recomendação a amigos; auxílio e estímulo da melhoria da visão sistêmica de conceitos relacionados à construção civil. Como nota geral final, a ferramenta obteve nota média de 8,06 (1 ponto abaixo da avaliação dos profissionais).

De acordo com os resultados da pesquisa feita por meio de questionários aplicados, 83% dos estudantes que avaliaram o projeto usam de alguma forma as redes sociais em suas atividades acadêmicas. 91% dos estudantes apresentaram média e alta probabilidade de uso da ferramenta desenvolvida neste trabalho. Os estudantes também destacam que a ferramenta poderá auxiliar o conteúdo ministrado nas salas de aula e também que o *website* auxilia e estimula a visão sistêmica global (macro) da indústria da construção civil: ambos os questionamentos obtiveram uma média superior a 8,0.

Os estudantes avaliaram de maneira positiva (média acima de 7,2) as questões pertinentes à visão sistêmica micro presentes na ferramenta. Concluiu-se, portanto, que a ferramenta auxilia satisfatoriamente o aprendizado e acesso às informações sobre: blocos e placas cerâmicas, aço para concreto armado, agregados, cimentos Portland, concreto de cimento Portland e argamassas. Os alunos também confirmaram positivamente que a ferramenta: auxilia a visão sistêmica micro (vínculos dentro de uma disciplina específica do curso de Engenharia Civil com demais áreas da construção civil destacados nos diagramas CLD apresentados na Revisão Teórica deste trabalho); auxilia na aprendizagem de conceitos apresentados, e por fim, também auxilia o acesso a informações relacionadas com uma disciplina específica do curso de Engenharia Civil.

5 CONCLUSÕES

“Ask not what your country can do for you, ask what you can do for your country.” (John F. Kennedy)

A utilização da abordagem de sistemas dinâmicos de modelagem (SDM) juntamente com o *design science research* (DSR) mostraram-se eficientes na montagem da ferramenta proposta neste trabalho. Observa-se que o conjunto de conceitos utilizados na pesquisa auxiliou na proposta de melhoria da solução de problemas relacionados ao estímulo, compreensão de conceitos e divulgação de informação sobre a indústria da construção civil no Brasil sob a ótica da visão sistêmica em um ambiente informal de *e-learning*. Acredita-se que o desfecho final deste trabalho traz um benefício coletivo para os estudantes e profissionais ligados à indústria da construção civil predial no Brasil conforme apresentado na Seção 4 deste trabalho. Logo, pode-se entender que o objetivo geral desta pesquisa foi atingido.

Por meio da ferramenta desenvolvida neste trabalho, acredita-se que também foi possível:

(a) Atingir o objetivo específico 1: Aplicar e demonstrar a visão sistêmica global (macro) utilizando os conceitos de SDM e DSR desenvolvida para construção civil predial no Brasil conforme apresentado no Item 3.5.1 e na ferramenta.

(b) Atingir o objetivo específico 2: Aplicar e demonstrar a visão sistêmica pontual (micro) utilizando os conceitos de SDM e DSR com uma disciplina específica do curso de Engenharia Civil da UnB: materiais de construção civil experimental 1, conforme apresentado no Item 3.5.2, nos Apêndices E até K, com demonstrações na ferramenta.

(c) Atingir o objetivo específico 3: Demonstrar uma proposta de integração entre as disciplinas pertinentes do curso de Engenharia Civil (base UnB e USP) com as atividades propostas na EAP para a construção civil predial no Brasil, conforme apresentado no Apêndice C deste trabalho, o qual foi incorporado na ferramenta desenvolvida nesta pesquisa.

(d) Atingir o objetivo específico 4: Demonstrar a ferramenta criada com base na visão sistêmica apresentada utilizando os conceitos de SDM-DSR: o *website* www.construcaocivil.info conforme apresentado na Seção 4 desta pesquisa.

(e) Atingir o objetivo específico 5: Demonstrar a interação entre os usuários e seguidores das redes sociais como prova do *feedback* do sistema desenvolvido neste trabalho conforme apresentado no Item 4.1.4 deste trabalho.

5.1 COMENTÁRIOS FINAIS

“Um pessimista vê uma dificuldade em cada oportunidade; um otimista vê uma oportunidade em cada dificuldade.” (Sir Winston Churchill)

Acredita-se que a ferramenta desenvolvida neste trabalho vai auxiliar e estimular a divulgação de informações relacionadas à construção civil brasileira. Demonstrou-se o uso da ferramenta para cada atividade na EAP proposta e também para uma etapa específica da EAP (Ensaio de Laboratório) utilizando-se como referência o curso de graduação em Engenharia Civil da Universidade de Brasília (UnB), classificando-se a primeira como visão sistêmica global (macro) e a segunda como visão sistêmica pontual (micro). Para o levantamento de dados, tomou-se como base a literatura nacional e internacional, além de pesquisas realizadas em campo utilizando um conjunto de redes sociais e canal de divulgação de conteúdo audiovisual criado para substanciar essa pesquisa. Este trabalho contribui para melhorar a solução de problemas relacionados ao estímulo da visão sistêmica de conceitos e informações pertinentes à construção civil predial no Brasil. Além disso, a ferramenta criada neste trabalho vem incrementar o banco nacional de dados de obras brasileiras, que pode servir para estudos futuros para outras áreas das engenharias e também outras áreas do conhecimento.

5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A busca incessante por ferramentas que contribuem para melhoria da visão sistêmica da construção civil no Brasil deve ser motivada por aqueles que querem dar um incremento nesta área do conhecimento. Visando auxiliar na busca de outras áreas do conhecimento, recomendam-se algumas sugestões para trabalhos futuros:

(a) Desenvolvimento de uma visão sistêmica global (macro) para outras atividades relacionadas com a construção civil no Brasil envolvendo a criação de outras estruturas analíticas de projeto (EAP).

(b) Desenvolvimento da visão sistêmica pontual (micro) para outras disciplinas específicas do curso de Engenharia Civil envolvendo a criação de outras estruturas analíticas de projeto (EAP).

(c) Aplicação de questionários de avaliação da ferramenta proposta neste trabalho ou em outros trabalhos em uma amostra maior de profissionais e estudantes (ex. aplicação em outras turmas da Engenharia Civil como em turmas da disciplina de Materiais de Construção Civil Experimental).

(d) Integração de outras redes sociais (ex. *Twitter*, *LinkedIn*, *Google+*, etc.) e outros canais de divulgação audiovisual na ferramenta proposta neste trabalho ou em outras ferramentas desenvolvidas.

(e) Utilização de diagramas do tipo SFD (*stock and flow*) no desenvolvimento de outras ferramentas que utilizem os conceitos de SDM.

(f) Utilização da Teoria Unificada de Aceitação e Uso da Tecnologia – *Unified Theory of Acceptance and Use of Technology* (UTAUT) em ambientes de *e-learning*, conforme apresentado por Decman (2015). A UTAUT deverá ser aplicada para ambientes educacionais voltados para o ensino da Engenharia e Construção Civil.

(g) Avaliação e análise da variação das taxas de rejeição da ferramenta e de outras ferramentas similares ao artefato desenvolvido neste trabalho.

5.3 LIÇÕES APRENDIDAS PELO AUTOR

Se este trabalho for utilizado como base para trabalhos futuros semelhantes, recomenda-se que o pesquisador tente fazer uma integração maior entre os professores de diferentes áreas da Engenharia Civil, como por exemplo: Laboratório de Ensaio de Materiais de Construção,

Hidráulica, Concreto Armado, Instalações Prediais, Sistemas de Revestimentos de Edificações, Patologias em Estruturas de Concreto, Estruturas Metálicas e outras disciplinas. A ideia seria integrar o conhecimento dos professores em conjunto com o conhecimento dos alunos direcionando-os a uma ferramenta específica (ex. gravação de videoaulas, solução de exercícios, entre outras atividades).

A experiência de ter filmado e explicado diversos ensaios de materiais de construção na UnB (LEM-UnB), conforme apresentado nos Apêndices E a K, foi positiva ao trabalho, pois, além de alimentar o banco de dados da ferramenta, também solucionou dúvidas de estudantes que estavam cumprindo a disciplina de Materiais de Construção Experimental I.

A participação do autor deste trabalho como responsável técnico de uma obra em Brasília-DF contribuiu para a ferramenta, uma vez que foi possível realizar diversas filmagens e fotos (conforme apresentado no Apêndice L) com explicações de diferentes atividades envolvidas na construção de um edifício (ex. logística de canteiro de obras, fundação, estrutura, alvenaria, instalações, revestimentos e outras atividades).

Um dos principais aprendizados do autor durante a pesquisa foi o desafio de desenvolver uma ferramenta que fosse bem aceita por profissionais e estudantes relacionados à construção civil no Brasil. Deve-se ouvir cuidadosamente as principais queixas e reclamações dos profissionais e estudantes com relação ao setor da construção civil como um todo (ex. cadeia produtiva, de suprimentos, etc.) para então pensar em diferentes formas de solucionar os problemas relatados.

A utilização de diferentes redes sociais como proposta de integração de estudantes e profissionais ligados à indústria da construção civil também foi proveitosa durante a pesquisa, na medida que trouxe diversos tipos de contribuições como o envio de fotos de obras, vídeos, dúvidas, troca de informações e críticas construtivas. Não obstante isso é necessário ter cautela na utilização de redes sociais abertas ao público, tendo em vista a existência de usuários que não desejam contribuir com críticas construtivas, mas sim com críticas destrutivas que não agregam em nada no desenvolvimento de um projeto voltado para o *e-learning* informal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 10520: **Apresentação de citações em documentos – Regras Gerais** – Rio de Janeiro, jul. 2001.

_____. NBR 14724: **Informação e documentação – Trabalhos acadêmicos – Apresentação**. Rio de Janeiro, jul. 2001.

_____. NBR 6023: **Informação e documentação – Referências – Elaboração** – Rio de Janeiro, ago. 2000

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15270-1/05: **Componentes Cerâmicos - Parte 1 - Blocos Cerâmicos para alvenaria de vedação - Terminologia e requisitos** – Rio de Janeiro, set. 2005.

_____. NBR 15270-3 - **Componentes Cerâmicos - Parte 3 - Blocos Cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação - Métodos de Ensaio** – Rio de Janeiro, set. 2005.

_____. NBR 13817: **Placas cerâmicas para revestimento – Classificação** – Rio de Janeiro, maio 1997.

_____. NBR 13818: **Placas cerâmicas para revestimento - Especificação e métodos de ensaios** – Rio de Janeiro, maio 1997.

_____. NBR 7480: **Barras e fios de aço destinados a armaduras para concreto armado – Especificação** - Rio de Janeiro, 2007.

_____. NBR 6153: **Produtos metálicos: ensaio de dobramento semi-guiado** - Rio de Janeiro, maio 1988.

_____. NBR NM 248 – **Agregados - Determinação da composição granulométrica**. Rio de Janeiro, 2003.

_____. NBR NM 26: **Agregados – Amostragem**. Rio de Janeiro, 2009.

_____. NBR NM 27 - **Agregados - Redução da amostra de campo para ensaios de laboratório**. Rio de Janeiro, 2001.

_____. NBR 9775: **Agregado miúdo – Determinação do teor de umidade superficial por meio do frasco de Chapman – Método de ensaio**. Rio de Janeiro, 2011.

_____. NBR 9776/87 – **Agregados - Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco chapman - Método de ensaio**. Rio de Janeiro, 1987.

_____. NBR NM 52: **Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente**. Rio de Janeiro, 2009.

_____. NBR NM 53: **Agregado graúdo - Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água**. Rio de Janeiro, 2009.

_____. NBR NM 45: **Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios**. Rio de Janeiro, 2006.

_____. NBR 7215: **Determinação da resistência à compressão**. Rio de Janeiro, 1996.

_____. NBR 11578: **Cimento Portland composto**. Rio de Janeiro, jul. 1991.

_____. NBR 11579: **Determinação do Índice de Finura por meio da peneira 0,075 mm - método de ensaio**. Rio de Janeiro, 2012

_____. NBR 11582: **Determinação da expansibilidade Le Chatelier**. Rio de Janeiro, 2012.

_____. NBR NM 43: **Determinação da pasta de consistência normal**. Rio de Janeiro, 2003.

_____. NBR NM 65: **Determinação dos tempos de pega**. Rio de Janeiro, 2003.

_____. NBR 6118: **Projeto de estruturas de concreto — Procedimento**. Rio de Janeiro, 2014.

_____. NBR 12655: **Concreto de cimento Portland - Preparo, controle e recebimento – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2006.

_____. NBR 13276. – **Argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos – Determinação do teor de água para obtenção do índice de consistência-padrão** – Rio de Janeiro, 1995.

_____. NBR 13280: **Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos; determinação da densidade de massa aparente no estado endurecido** – Rio de Janeiro, 1995.

_____. NBR 13281: **Argamassa industrializada para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos – especificação** - Rio de Janeiro, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO (ABRAMAT). **Perfil da indústria de materiais de construção**. FGV Projetos, 2015.

ALLEN, D.; COLLIGAN, D.; FINNIE, A.; KERN, T. **Trust, power, and interorganizational information systems: The case of the electronic trading community TransLease**. Information Systems Journal, 10 (1), 21-40, 2000.

ALI, L.; ASADI, M.; GASEVIC, D.; JOVANOVIC, J.; HATALA, M. **Factors influencing beliefs for adoption of a learning analytics tool: An empirical study**. In: Computers & Education, 62, 130-148, 2013.

AMORIM, S.R.L. **Tecnologia, Organização e Produtividade na Construção**. Tese de Doutorado em Engenharia de Produção, Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 1995.

ANÔNIMO. **Civil Engineers Need More Education.** In: USA Today; mar; Academic Research Library, pg. 9, 2005.

AQUERE, André L.; MESQUITA, Diana; LIMA, Rui M.; MONTEIRO, Simone B. S.; ZINDEL, Marcia. **Coordination of Student Teams Focused on Project Management Processes.** In: International Journal of Engineering Education, Vol. 28, No. 4, mar, p. 859-870, 2012.

BARREIRO, D.; SOGABE, M.; PENTEADO, J.; LANGONI, H.; SILVEIRA, R.; MOREIRA, M. **Mecanismo básico do aprendizado.** Educação a Distância, Universidade Estadual Paulista, 2001.

BATY, P. **The Times Higher Education World University Rankings.** In: Ethics in Science and Environmental Politics, Doi: 10.3354, 2014.

BAUER, E. (2005) **Revestimentos de argamassa: características e peculiaridades.** Brasília. LEM-UnB/SINDUSCON-DF.

BERNARDES, M. **Planejamento e Controle de Produção para Empresas de Construção Civil.** Editora LTC, 2003.

BORGES, M.; BARANAUSKAS, M. **CollabSS: a tool to help the facilitator in promoting collaboration among learners.** In: Educational Technology & Society, 6(1), 64-69, 2003.

BRENT, Rebecca; FELDER, Richard; REGAN, Thomas; WALSER, Ardie; CARLSONDAKES, Chris; EVANS, Donald; MALAVE, Cesar; SANDERS, Katherine; MCGOURTY, Jack. **Engineering faculty development: a multicoalition perspective.** In: 2000 Annual ASEE Conference, Session 2630, 2000.

BRINGHENTI, Idone. **O ensino na Escola Politécnica da USP: fundamentos para o ensino de engenharia.** São Paulo : EPUSP, 1993.

CAMPOS, Maria Célia Rabello Malta Campos. **Formação docente em oficinas de jogos: indicadores de mediação da aprendizagem.** Tese (Doutorado em Psicologia). Instituto de Psicologia da Universidade de São Paulo. Departamento de Psicologia da Aprendizagem, do Desenvolvimento e da Personalidade, USP, São Paulo, 188 p, 2004.

CHEN, C.; LIN, S. **Assessing effects of information architecture of digital libraries on supporting E-learning: A case study on the Digital Library of Nature & Culture.** In: Computers & Education, 75, 92-102, 2014.

CHUBIN, Daryl E.; MAY, Gary S.; BABCO, Eleanor L. **Diversifying the Engineering Workforce.** In: Journal of Engineering Education, jan, p. 73-86, 2005.

CINTRA, Maria Aparecida Hippert; OLIVEIRA, Vanderli Fava de. **Aprendizagem organizacional e educação em engenharia.** In: Anais do XXIX Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia, (Local), 2001.

COLENCI, Ana Teresa. **O ensino de engenharia como uma atividade de serviços: a exigência de novos patamares de qualidade acadêmica.** Dissertação (mestrado), Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, 2000.

CUBAN, L. **Oversold and Underused: Reforming Schools Through Technology.** 1980-2000, Cambridge MA: Harvard University Press, 2001.

CUKUSIC, M.; ALFIREVIC, N.; GRANIC, A.; GARACA, Z. **E-learning process management and the e-learning performance: results of a European empirical study.** In: Computers & Education, 55, 554-565, 2010.

CUNHA, G.D. **Cursos de Engenharia: A Preparação para os Desafios do Ano de 2008.** XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Associação Brasileira de Engenharia de Produção (ABEPRO). Foz do Iguaçu. Brasil, set. 2007.

DECMAN, M. **Modeling the acceptance of e-learning in mandatory environments of higher education: the influence of previous education and gender.** In: Computers in Human Behavior, 49, 272-281, 2015.

DE LUCIA, A.; FRANCESE, R.; PASSERO, I.; TORTORA, G. **Supporting Jigsaw-based collaborative learning in Second Life.** In: Díaz P, Kinshuk, Aedo I, Mora E, editors. Proceedings of the 8th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, ICALT 08, Los Alamitos, California: IEEE Computer Society, p 806-808, 2008.

DOWNEY, Gary L.; LUCENA, Juan C. **Globalization, diversity, leadership and problem definition in engineering education.** In: 1st International Conference on Research in Engineering Education, June 22-24, Honolulu, HI, p. 1-10, 2007.

DYCKHOFF, A.; ZIELKE, D.; BULTMANN, M.; CHATTI, M.; SCHROEDER, U. **Design and implementation of a learning analytics toolkit for teachers.** In: Educational Technology & Society, 15 (3), 58-76, 2012.

FAULKNER, A. C.; SARGENT, J. H.; WEARNE, S. H. **Civil engineer's managerial roles and needs: report of survey.** In: Construction Management and Economics. London: Summer, 1989, vol. 7, n. 2, p. 155, 20 p, 1989.

FELDER, Richard M.; BRENT, Rebecca. **The ABC's of engineering education: abet, bloom's taxonomy, cooperative learning, and so on.** In: Proceedings of the 2004 American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition, Session 1375, 2004.

FELDER, Richard M.; RUGARCIA, Armando; STICE, James E. **The future of engineering education: assessing teaching effectiveness and educational scholarship.** In: Chem. Engr. Education, 34(3), p. 198-207, 2000.

FELDER, Richard M.; STICE, James E.; RUGARCIA, Armando. **The future of engineering education: making reform happen.** In: Chem. Engr. Education, 34(3), p. 208-215, 2000.

FELDER, Richard M.; WOODS, Donald R.; STICE, James E.; RUGARCIA, Armando. **The future of engineering education: teaching methods that work.** In: Chem. Engr. Education, 34(1), p. 26–39, 2000.

FELDER, Richard M. **Teaching engineering at a research university: problems and possibilities.** In: Educación Química 15[1],40-42, 2004.

FORRESTER, J., 1961. **Industrial Dynamics.** MIT Press, Cambridge, MA.

FUCHS, M.; MUSCOGIURI, C.; NIEDEREE, C.; HEMMJE, M. **Digital libraries in knowledge management: an e-learning case study.** In: International Journal on Digital Libraries, 4(1), 31-35, 2004.

GALLEGO, B.; LAMA, M.; VIDAL, J.; MUCIENTES, M. **Learning Analytics Framework for Educational Virtual Worlds.** In: Procedia Computer Science, 25, 443-447, 2013.

GASEVIC, D.; JOVANOVIC, J.; DEVEDZIC, V. **Ontology-based annotation of learning object content.** Interactive Learning Environments, 15(1), 1-26, 2007.

GAUTHIER, C. **Por uma teoria pedagógica.** Juí, RS: Unijuí, 1998.

GILROY, Marilyn. **Higher Education Migrates to YouTube and Social Networks.** In: Education Digest; Prakken Publications, 2010.

GREENHOW, C.; ROBELIA, B.; HUGHES, J. **Learning, teaching and scholarship in a digital age: web 2.0 and classroom research: what path should we take now?** In: Educational Researcher, 38 (4), 246-259, 2009.

GREGOR, S.; HEVNER, A. **Positioning and Presenting *Design science* Research for Maximum Impact.** In: MIS Quarterly, Vol. 37, No. 2, pp. 337-355, 2013.

GROHMANN, Márcia Zampieri. **Influências de um curso de pós-graduação no processo de aprendizagem gerencial.** Tese (Doutorado em Engenharia de Produção). Programa de

Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 307f, 2004.

HELENE, P.R.L.; TERZIAN, P. (1992). **Manual de dosagem e controle do concreto**. São Paulo: Pini.

HENDAOU, A.; LIMAYEM, M.; THOMPSON, CW. **3D Social worlds: research issues and challenges**. IEEE Internet Comput, 12:88-92, 2008.

HIROTA, Ercília Hitomi. **Desenvolvimento de competências para a introdução de inovações gerenciais na construção através da aprendizagem na ação**. Porto Alegre, Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 205p, 2001.

HOLMSTROM, J.; KETOKIVI, M.; HAMERI, A. **Bridging Practice and Theory: A Design science Approach**. In: Decision Sciences, Volume 40, Number 1, Decision Sciences Institute, 2009.

IBRACON. **Materiais de construção**. São Paulo, Instituto Brasileiro do Concreto – Editor Geraldo C. Isaia, 2a ed. 2010.

JACOSKI, Cláudio Alcides. **Integração e interoperabilidade em projetos de edificações - uma implementação com IFC/XML**. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis, 218f., 2003.

JOVANOVIC, J.; GASEVIC, D.; BROOKS, C.; DEVEDZIC, V.; HATALA, M.; EAP, T., et al. **Using semantic web technologies for the analysis of learning content**. IEEE Internet Computing, 11(5), 16-25, 2007.

KABA, Amadu J. **Analyzing the Anglo-American Hegemony in the Times Higher Education Rankings**. In: Education Policy Analysis Archives, 20 (21), Arizona State University, 2012.

KE, K. **Examining online teaching, cognitive, and social presence for adult students.** In: Computers and Education, 55, 808-820, 2010.

KENT, M.; CARR, B.; HUSTED, R.; POP, R. **Learning web analytics: A tool for strategic communication.** In: Public Relations Review, 37, 536-543, 2011.

KHAN, M. L.; WOHN, Donghee, Y.; ELLISON, Nicole B. **Actual friends matter: An Internet skills perspective on teens' informal academic collaboration on Facebook.** In: Computers & Education, 79, p138-147, 2014.

KHANZADI, M., NASIRZADEH, F., ALIPOUR, M. **Integrating system dynamics and fuzzy logic modeling to determine concession period in BOT projects.** Journal of Automation in Construction 22, 368–376, 2012.

KIM, B.; REEVES, T. **Reframing research on learning with technology: in search of the meaning of cognitive tools.** In: Instructional Science, 35 (3) , 207-256, 2007.

LANTELME, Elvira M. V. **Uma teoria para o desenvolvimento da competência gerencial: em busca de “consiliência”.** Porto Alegre. Tese (Doutorado em Engenharia Civil), Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 288f., 2004.

LAU, K.H.V. **Computer-based teaching module design: principles derived from learning theories.** In: Medical Education, 48, 247-254, 2014.

LELIS, F. R. C. **Atuação gerencial: uma análise de fatores intervenientes na formação de profissionais de Engenharia Civil.** Tese de Doutorado em Construção Civil, Publicação E.TD – 004 A/09. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 290p, 2009.

LIMA, Mário Werneck de Alencar. **Aspectos do ensino da engenharia.** Belo Horizonte, imp. Universidade de Minas Gerais, 1961.

LINSINGEN, Irlan Von; PEREIRA, Luiz Teixeira do Vale; CABRAL, Carla Giovanna; BAZZO, Walter Antônio. **Formação do engenheiro: desafios da atuação docente, tendências curriculares e questões da educação tecnológicas.** Organizadores: Irlan Von Linsingen... [et al]. Florianópolis : Editora da UFSC, 240p, 1999.

LIU, A.; HODGSON, G.; LORD, W. **Innovation in construction education: the role of culture in e-learning.** In: Architectural Engineering and Design Management, Vol. 6, 91-102, 2010.

LIU, J.; SHAHI, A.; HAAS, C.; ASCE, H.; GOODRUM, P.; CALDAS, C. **Validation Methodologies and Their Impact in Construction Productivity Research.** In: Journal of Construction Engineering Management, ASCE, 140, 2014.

MARCHETI, Ana Paula do Carmo. **Aula expositiva, seminário e projeto no ensino de engenharia: Um estudo exploratório utilizando a teoria das inteligências múltiplas.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Escola de Engenharia de São Carlos. São Paulo, 188f., 2001.

MATTOS D. A. **Planejamento e Controle de Obras.** São Paulo: PINI, 2010

MAWDESLEY, M.J., AL-JIBOURI, S., 2010. **Modelling construction project productivity using systems dynamics approach.** International Journal of Productivity and Performance Management 59 (1), 18–36.

MECKING, Maria Letizia Marchese. **A relação entre percepção e postura didático - pedagógica no ensino superior: um estudo de caso.** Dissertação (mestrado), Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

MELLO, L.C. **Modernização das pequenas e médias empresas de Construção Civil: impactos dos programas de melhoria da gestão da qualidade.** Tese de Doutorado em Engenharia Civil, Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal Fluminense. Niterói, Rio de Janeiro, 2007.

MELLO, L.C.; AMORIM, S.R. **O subsetor de edificações da construção civil no Brasil: uma análise comparativa em relação à União Europeia e aos Estados Unidos.** In: Produção, v. 19, n. 2, p. 388-399, 2009.

MELO, Eunice Maria das Dôres Vaz. **Com as novas tecnologias e as competências do professor, preparar os alunos para as exigências do mundo.** Dissertação (mestrado) Engenharia de Produção no Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

MENDONÇA, Daniel Rinaldi; CAMARGO, Roderley; SCANDIFFIO, Innocenzo. **Uma nova metodologia de realização do trabalho de conclusão de curso (TCC) nos cursos de engenharia.** In: Anais do XXXIII Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia, Campina Grande : Paraíba, 2005.

MOYANO, I.; RICHARDSON, G. **Best practices in system dynamics modeling.** In: System Dynamics Review, Vol 29, Nº 2, 2013.

NABUT NETO, A.C. **Elaboração de uma ferramenta online utilizando uma abordagem do system dynamics modeling para a melhoria e estímulo da visão sistêmica de conceitos relacionados à construção civil predial no Brasil.** Trabalho de Conclusão de Curso, Fundação Getúlio Vargas (FGV), 2015.

NASIRZADEH, Farnad; NOJEDEHI, Pouya. **Dynamic modeling of labor productivity in construction projects.** In: International Journal of Project Management, nov, p. 903-911, 2012.

NASIRZADEH, F.; KHANZADI, M.; REZAIE, M. **Dynamic modeling of the quantitative risk allocation in construction projects.** In: International Journal of Project Management, 32, 442-451, 2013.

NEVES, Renato Martins das; FORMOSO, Carlos Torres. **O uso da aprendizagem baseada em problemas para o desenvolvimento de competências gerenciais na construção civil.**

In: I Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável e X Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, São Paulo, 2004.

NEVES, Renato Martins das. **Desenvolvimento de Competências de Gerentes Intermediários na Construção Civil através da Adaptação da Aprendizagem Baseada em Problemas – ABP**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, 2006.

NEWSON, T.; DELATTE, N. **Case methods in civil engineering teaching**. In: Can. J. Civ. Eng., 38, 1016-1030, 2011.

OLIVEIRA, José M. Parente de. **Um modelo pedagógico que integra a abordagem construtivista, aprendizagem baseada em problemas e modelos de solução de problemas**. In: Anais do XXXIII Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia, Campina Grande: Paraíba, 2005.

OLIVEIRA, Vanderli Fava. **Teoria, prática e contexto no curso de engenharia**. In: Educação em Engenharia: Metodologia. São Paulo : Editora Mackenzie, p. 141-158, 2002.

OZDEMIR, O.Z.; ABREVAYA, J. **Adoption of technology-mediated distance education: a longitudinal analysis**. In: Information and Management, 44(5), 467-479, 2007.

PAKKALA, H.; PRESSER, K.; CHRISTENSEN, T. **Using Google Analytics to measure visitor statistics: The case of food composition websites**. In: International Journal of Information Management, p. 504-512, 2012.

PARDAL, Paulo. **Brasil 1792: início do ensino da Engenharia Civil e da escola de engenharia da UFRJ**. Rio de Janeiro: Fundação Emílio Odebrecht, 1985.

PAVLOV, Oleg V.; DOYLE, James K.; SAEED, Khalid; LYNEIS, James M.; RADZICKI, Michael J. **The Design of Educational Programs in System Dynamics at Worcester Polytechnic Institute (WPI)**. In: Systems, mar, p. 54-76, 2014.

PINTO, Danilo Pereira; PORTELA, Júlio César da Silva; OLIVEIRA, Vanderli Fava; SILVEIRA, Maria Helena; ALLENDE, José Cubero. **Formação didáticopedagógica: relato de uma experiência na Universidade Federal de Juiz de Fora.** In: Educação em engenharia : metodologia. São Paulo: Editora Mackenzie, p. 159- 176, 2002.

PMI, **A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide)** Fifth Edition, Project Management Institute (PMI), 2013.

PURCELL, K.; HEAPS, A.; BUCHANAN, J.; FRIEDRICH, L. **How teachers are using technology at home and in their classrooms.** Pew Research Center, 2013.

RANDERS, J. **Elements of the System Dynamics Method.** Productivity Press: Cambridge, M.A., 1980.

RAUHVARGERS, A. **Global university rankings and their impact.** European University Association, Brussels, 2011.

RENSBURG, Ben W. J. V. **Structural engineering education: effective teaching and learning.** In: Proceedings of the 2003 ASEE/WFEO International Colloquium. Disponível em: www.asee.org. Acessado em: março de 2007.

REVISTA SHOW ROOM. **Guia Geral de Cerâmica & Assentamento 2003,** São Paulo, Menasce Comunicações Ltda., abr. 2003.

REYES, E.; GÁLVEZ, J. **Introduction of innovations into the traditional teaching of construction and building materials.** In: Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice, ASCE, 137, 28-37, 2011.

RICHARDSON, G.P., PUGH, A.L. **Introduction to System Dynamics Modeling with Dynamo.** MIT Press, Cambridge, Mass., 1981.

RODRIGUES, L.R., DHARMARAJ, N., SHRINIVASA, R.B.R. **System dynamics approach for change management in new product development.** Management Research News 29 (8), 512–523, 2006.

RUGARCIA, Armando; FELDER, Richard M.; WOODS, Donald R.; STICE, James E. **The future of engineering education: a vision for a new century.** In: Chem. Engr. Education, 34(1), 16–25, 2000.

RUSSELL, Jeffrey S.; ASCE, F.; STOUFFER, W. B. **Survey of the National Civil Engineering Curriculum.** In: Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice, vol 131, num 2, april 1, p. 118–128, 2005.

SAFFELL, John. **An analysis of the education and training needs of civil engineers for organizational managers.** United States, International University, Dissertation PhD, ID proquest: 753774891, 103p, 1980.

SAID, Hisham. **Engineering Decision and Risk Analysis: System Dynamics I.** United States, Santa Clara University, School of Engineering, Class Notes, 2013.

SCHNAID, Fernando; ZARO, Milton Antônio; TIMM, Maria Isabel. **Um olhar crítico nem sempre implica desconstrução.** In: Ensino da engenharia: do positivismo à construção das mudanças para o século XXI, Schnaid, Fernando; Zaro, Milton Antônio; Timm, Maria Isabel (orgs), Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2006.

SENGE, P. M.; CAMBRON-McCABE, N.; LUCAS, T.; SMITH, B.; DUTTON, J.; KLEINER, A. **Schools that learn.** Nicolas Braley Publishing, 2000.

SIEMENS, G.; GASEVIC, D. **Guest editorial – learning and knowledge analytics.** In: Educational Technology & Society, 15 (3), 1-2, 2012.

SILVEIRA, Marcos Azevedo da. **A formação do engenheiro inovador: uma visão internacional.** Rio de Janeiro, PUC : Rio, Sistema Maxwell, 141 p., 2005.

SOIBELMAN, L.; SACKS, R.; AKINCI, B.; DIKMEN, I.; BIRGONUL; M.; EYBPOOSH, M. **Preparing civil engineers for international collaboration in construction management.** In: Journal of Professional Issues in Engineering Education & Practice, 137, 141-150, 2011.

STAHL, G.; KOSCHMANN, T.; SUTHERS, D. **Computer supported collaborative learning: an historical perspective.** In: R.K. Sawyer (Ed.), Cambridge handbook of the learning sciences, Cambridge, UK, p 409-426, Cambridge University Press, 2006.

STERMAN, J.D. **Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World.** Irwin McGraw-Hill: Boston, M.A, 2000.

STICE, James E.; FELDER, Richard M.; WOODS, Donald R.; RUGARCIA, Armando. **The future of engineering education: learning how to teach.** In: Chem. Engr. Education, 34(2), 118–127, 2000.

TA,I., R.; BERNARD, R.; BOROKHOVSKI, E.; ABRAMI, P.; SCHMID, R. **What forty years of research says about the impact of technology on learning: a second order meta-analysis and validation study.** In: Review of Educational Research, 81 (1), 4-28, 2011.

TAMIM, R.; BERNARD, R.; BOROKHOVSKI, E.; ABRAMI, P.; SCHMID, R. **What forty years of research says about the impact of technology on learning: a second order meta-analysis and validation study.** In: Review of Educational Research, 81 (1), 4-28, 2011.

TSAI, A. **A hybrid e-learning model incorporating some of the principal learning theories.** In: Social Behavior and Personality, 39 (2), 145-152, 2011.

VALIENTE, José A.; MERINO, Pedro J.; LEONY, Derick; KLOOS, Carlos. **ALAS-KA: A learning analytics extension for better understanding the learning process in the Khan Academy platform.** In: Computers in Human Behavior, 47, 139-148, 2015.

VYGOTSKY, L.S. **Mind in society: the development of higher psychological processes.** Cambridge, MA: Harvard University Press. 1978.

WANG, M.; SHEN, R. **Message design for mobile learning: Learning theories, human cognition and design principles.** In: British Journal of Educational Technology, vol 43, No 4, 561-575, 2012.

WANG, M.; VOGEL, D.; RAN, W. **Creating a performance-oriented e-learning environment: A *design science* approach.** In: Information & Management, 48, 260-269, 2011.

WANG, S.; HSU, H.; REEVES, T.; COSTER, D. **Professional development to enhance teachers' practices in using information and communication technologies (ICTs) as cognitive tools: Lessons learned from a design-based research study.** In: Computers & Education, 79, 101-115, 2014.

WOODS, Donald R.; FELDER, Richard M.; RUGARCIA, Armando; STICE, James E. **The future of engineering education: developing critical skills.** In: Chem. Engr. Education, 34(2), 108–117, 2000.

Sites de Internet:

EXAME (2014). **As 100 melhores universidades do mundo, segundo o QS**. Disponível em: <<http://exame.abril.com.br/carreira/noticias/as-100-melhores-universidades-do-mundo-segundo-o-qs>> Acesso em: 18 mar. 2015.

GOOGLE ANALYTICS, (2015). **Manual do Google Analytics**. Disponível em: <<https://www.google.com/analytics/>> Acesso em: 23 set. 2015.

GOOGLE ANALYTICS, (2015). **Quantidade de usuários**. Disponível em: <FONTE:https://support.google.com/analytics/answer/1257084?hl=pt-BR#pageviews_vs_unique_views> Acesso em: 23 set. 2015.

GOOGLE EARTH, (2014). **Software de imagens de satélite**. Disponível em: <<http://www.google.com.br/intl/pt-BR/earth/download/ge/agree.html>> Acesso em: 05 jun. 2014.

INNOVARE PESQUISA, 2014. **Infográfico: os números da Internet**. Disponível em: <<http://www.innovarepesquisa.com.br/blog/infografico-os-numeros-da-Internet/>> Acesso em: 15 mar. 2015.

INTERNET LIVE STATS, 2015. **Internet users in real time**. Disponível em: <<http://www.Internetlivestats.com/watch/Internet-users/>> Acesso em: 12 mar. 2015.

KHAN ACADEMY. **You can learn anything**. Disponível em: <<http://www.khanacademy.org>> Acesso em: 02 abr. 2015.

NOIX INTERNET, 2014. **Números da Internet em 24 horas**. Disponível em: <<http://www.noix.com.br/noticias/numeros-Internet/>> Acesso em: 12 mar. 2015.

O GLOBO, 2014. **Internet em explosão**. Disponível em: <<http://oglobo.globo.com/sociedade/tecnologia/Internet-em-explosao-13441261>> Acesso em: 10 mar. 2015.

PORTAL BRASIL, 2009. **Educação: saiba como funciona o sistema de ensino superior no Brasil.** Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/educacao/2009/11/ensino-superior>> Acesso em: 13 mar. 2015.

TECMUNDO, 2013. **9 números impressionantes sobre a Internet.** Disponível em: <<http://www.tecmundo.com.br/Internet/34595-9-numeros-impressionantes-sobre-a-Internet.htm>> Acesso em: 11 mar. 2015.

WEBER SAINT-GOBAIN, 2015. **O sistema de revestimento em pisos e paredes.** Disponível em: <<http://www.weber.com.br/assentamento-e-rejuntamento-de-revestimentos/ajuda-e-dicas/apoio-ao-projeto/orientacoes-sobre-revestimentos/o-sistema-de-revestimento-em-pisos-e-paredes.html>> Acesso em: 29 abril 2015.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Questionário de avaliação da ferramenta por profissionais

SOLICITAÇÃO DE COLABORADOR COM A PESQUISA

Prezado(a) colaborador(a),

O Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil (PECC), do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade de Brasília, está realizando uma pesquisa que objetiva propor uma ferramenta utilizando conceitos do *design science* e sistemas dinâmicos de modelagem para estimular a visão sistêmica de conceitos relacionados à construção civil no Brasil.

Nesse sentido, solicitamos sua colaboração respondendo ao questionário que lhe está sendo entregue, o qual constituirá importante elemento para a avaliação do instrumento de coleta de dados a ser adotado nesta pesquisa.

As respostas devem corresponder ao que você faz ou pensa e não ao que você deveria fazer ou pensar, assim como não deverá ser de acordo com o que os outros deveriam fazer ou pensar. Não há respostas corretas ou incorretas, entretanto, não detenha muito tempo pensando em uma resposta ideal; responda de acordo com sua primeira impressão.

Evidencia-se que o objetivo deste instrumento não é avaliar o respondente e sim obter dados para a pesquisa.

Ressaltando, uma vez mais, a importância de sua participação, agradecemos a colaboração e colocamo-nos à inteira disposição para quaisquer dúvidas ou informações que se fizerem necessários.

Cordialmente,

Profª Dra Michele Tereza M. Carvalho
Orientadora
Universidade de Brasília

Abdala Carim Nabut Neto
Doutorando

Endereço: **Universidade de Brasília - DF**
Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil – PECC.
Campus Darcy Ribeiro, Edifício SG-12.
Plano Piloto, Asa Norte.
Brasília – Distrito Federal.
CEP: 70.910-900
Telefones: (61) 9987-0780 (*WhatsApp*) ; (61) 3366-5656
E-Mail: carimnabut@hotmail.com

**QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DA FERRAMENTA
WWW.CONSTRUCAOCIVIL.INFO**

**Autor: Abdala Carim Nabut Neto, M.Sc.
Doutorando em Estruturas e Construção Civil
Universidade de Brasília (UnB)**

Data do Preenchimento: / / 2015

Nome (Preenchimento Opcional):

Sexo: M / F

Profissão/Ocupação:

Registro Profissional (CREA, CAU, etc):

**AVALIAÇÃO DA VISÃO SISTÊMICA MACRO: ANÁLISE GERAL DO WEBSITE
WWW.CONSTRUCAOCIVIL.INFO**

Péssimo | 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 | Excelente

PERGUNTAS	ESCALA
1. Qual o seu grau de conhecimento sobre o <i>system dynamics modeling</i> (sistema dinâmico de modelagem)?	
2. Qual o seu grau de conhecimento sobre o <i>design science research (DSR)</i> ?	
3. Qual o seu grau de conhecimento sobre a Estrutura Analítica de Projeto (EAP) ou <i>Work Breakdown Structure (WBS)</i> ?	
4. É possível observar na ferramenta a junção dos conceitos de <i>system dynamics modeling</i> (sistema dinâmico de modelagem), <i>design science research</i> e Estrutura Analítica de Projeto?	
5. A Seção 1: <i>Instagram</i> (Todo conteúdo publicado no @construcaocivil) ajuda a entender e acessar informações sobre a construção civil no Brasil?	
6. A Seção 2: <i>Insta Direct</i> (Obras no Brasil e no Mundo) ajuda a entender e acessar informações sobre a construção civil no Brasil?	
7. A Seção 3: <i>Visão Sistêmica</i> (o passo-a-passo) ajuda a entender o procedimento construtivo predial no Brasil?	
8. A Seção 4: <i>Downloads</i> (Modelos de documentos, tabelas e arquivos) ajuda a acessar informações sobre a construção civil e outras áreas da Engenharia Civil?	
9. A Seção 5: <i>Acadêmico</i> (Material Teórico) ajuda a ter acesso a informações sobre disciplinas específicas do curso de Engenharia Civil?	
10. A Seção 6: <i>Brasil – Por um País Melhor</i> ajuda a entender e acessar informações sobre a construção e Engenharia Civil no Brasil?	

11. O conteúdo apresentado na ferramenta ficou organizado e facilitou o acesso às informações?	
12. A ferramenta estimula a reflexão sobre o conteúdo apresentado?	
13. É possível observar uma articulação entre a teoria acadêmica e a prática profissional na ferramenta?	
14. É possível tirar dúvidas sobre a construção civil predial no Brasil com o uso da ferramenta?	
15. O conteúdo apresentado na ferramenta é relevante para você?	
16. O material didático apresentado na ferramenta auxilia o aprendizado do usuário?	
17. A ferramenta possui informações organizadas?	
18. A ferramenta é visualmente atraente?	
19. A ferramenta tem um conteúdo atraente?	
20. Você recomendaria a ferramenta aos seus amigos?	
21. A ferramenta auxilia e estimula a melhoria da visão sistêmica de conceitos relacionados à construção civil?	
22. Qual a sua avaliação geral da ferramenta?	

23. De um modo geral, o que você definiria como os **pontos mais fortes** da ferramenta?

Respostas (assinalar quantas opções achar necessário):

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Organização | <input type="checkbox"/> Clareza |
| <input type="checkbox"/> Diversidade de Informações | <input type="checkbox"/> Disseminação do conhecimento |
| <input type="checkbox"/> União entre teoria e prática | <input type="checkbox"/> Manual de boas práticas |
| <input type="checkbox"/> Participação de alunos | <input type="checkbox"/> Conteúdo inédito |
| <input type="checkbox"/> Participação de profissionais da construção civil | <input type="checkbox"/> Participação de professores |
| <input type="checkbox"/> Marca forte | <input type="checkbox"/> Capacidade de inovação |
| <input type="checkbox"/> Qualidade das informações | <input type="checkbox"/> Gestão competente |
| <input type="checkbox"/> Nenhuma das alternativas | <input type="checkbox"/> Todas as alternativas |
| <input type="checkbox"/> Outro (s) _____ | |

24. De um modo geral, o que você definiria como os **pontos mais fracos** da ferramenta?

Respostas (assinalar quantas opções achar necessário):

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Desorganização | <input type="checkbox"/> Falta de clareza |
| <input type="checkbox"/> Poucas informações | <input type="checkbox"/> Conteúdo desinteressante |
| <input type="checkbox"/> Fragilidade na veracidade de informações | <input type="checkbox"/> Conteúdo desnecessário |
| <input type="checkbox"/> Fragilidade na autenticidade das informações | <input type="checkbox"/> Falta de objetividade |
| <input type="checkbox"/> Fragilidade na propriedade de conteúdo sendo divulgado | <input type="checkbox"/> Informações erradas |
| <input type="checkbox"/> Comunicação deficiente | <input type="checkbox"/> Baixa visibilidade |
| <input type="checkbox"/> Nenhuma das alternativas | <input type="checkbox"/> Todas as alternativas |
| <input type="checkbox"/> Outro (s) _____ | |

25. De um modo geral, o que você definiria como **possíveis oportunidades** que a ferramenta poderá proporcionar?

Respostas (assinalar quantas opções achar necessário):

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Inspiração para temas relacionados à indústria da construção civil no Brasil | <input type="checkbox"/> Projeto piloto para outras áreas do conhecimento (ex. Medicina, Direito, etc) |
| <input type="checkbox"/> Motivação para alunos de Engenharia Civil | <input type="checkbox"/> Venda de publicidade direcionada |
| <input type="checkbox"/> Geração de empregos diretos e indiretos | <input type="checkbox"/> Banco de dados de empresas do ramo |
| <input type="checkbox"/> Oportunidades de trabalho para usuários da ferramenta | <input type="checkbox"/> Integração com o mercado global |
| <input type="checkbox"/> Alianças estratégicas | <input type="checkbox"/> Demanda de novos produtos e/ou serviços |
| <input type="checkbox"/> Incentivos governamentais | <input type="checkbox"/> Melhor imagem externa do Brasil |
| <input type="checkbox"/> Nenhuma das alternativas | <input type="checkbox"/> Todas as alternativas |
| <input type="checkbox"/> Outro (s) _____ | |

26. De um modo geral, o que você definiria como **possíveis ameaças** que a ferramenta poderá proporcionar?

Respostas (assinalar quantas opções achar necessário):

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Concorrência predatória com outras ferramentas | <input type="checkbox"/> Novas tecnologias |
| <input type="checkbox"/> Ferramentas substitutas | <input type="checkbox"/> Instabilidade política |
| <input type="checkbox"/> Crise econômica | <input type="checkbox"/> Novos tributos |
| <input type="checkbox"/> Nenhuma das alternativas | <input type="checkbox"/> Todas as alternativas |
| <input type="checkbox"/> Outro (s) _____ | |

27. Na sua opinião, o conteúdo apresentado auxilia mais (marcar com um “X” as opções que achar pertinente):

Estudantes	
Engenheiros	
Acadêmicos	
Curiosos	
Profissionais da Indústria da Construção Civil	
Outros	
Todas as alternativas anteriores	
Não auxilia	

28. Com qual frequência você utiliza as redes sociais para tirar dúvidas profissionais e/ou acadêmicas?

Nunca	
Ocasionalmente	
Regularmente	
Sempre	

29. Qual a probabilidade da sua utilização da ferramenta?

Nenhuma	
Baixa	
Média	
Alta	

30. Na sua opinião, informações e ferramentas atuais disponíveis na Internet satisfazem as principais dúvidas relacionadas à construção civil no Brasil?

Não satisfazem | 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 | Satisfazem completamente

ESCALA

31. Na sua opinião, a ferramenta poderá auxiliar o conteúdo ministrado nas salas de aula?

Não | 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 | Sim

ESCALA

32. Na sua opinião, a ferramenta auxilia e estimula a visão sistêmica global (macro) da indústria da construção civil?

Não | 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 | Sim

ESCALA

AVALIAÇÃO DA VISÃO SISTÊMICA MICRO: APLICAÇÃO NA DISCIPLINA DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO CIVIL EXPERIMENTAL I

Instruções: (1) Abrir o *website* www.construcaocivil.info; (2) Arrastar o mouse sobre o menu “Visão Sistêmica – O passo-a-passo”; (3) Clicar na Opção/Etapa 13 – “Ensaios de Laboratório – Universidade de Brasília” uma vez com o botão esquerdo do mouse.

Não auxilia | 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 | Auxilia muito

PERGUNTAS	ESCALA
33. A ferramenta auxilia no aprendizado e acesso a informações sobre blocos cerâmicos?	
34. A ferramenta auxilia no aprendizado e acesso a informações sobre placas cerâmicas?	
35. A ferramenta auxilia no aprendizado e acesso a informações sobre aço para concreto armado?	
36. A ferramenta auxilia no aprendizado e acesso a informações sobre agregados?	
37. A ferramenta auxilia no aprendizado e acesso a informações sobre cimentos Portland?	
38. A ferramenta auxilia no aprendizado e acesso a informações sobre concreto de cimento Portland?	
39. A ferramenta auxilia no aprendizado e acesso a informações sobre argamassas?	
40. A ferramenta auxilia a visão sistêmica micro (vínculos dentro de uma disciplina específica do curso de Engenharia Civil com demais áreas da construção civil)?	
41. A ferramenta auxilia na aprendizagem de conceitos apresentados?	
42. A ferramenta auxilia o acesso a informações relacionadas com uma disciplina específica do curso de Engenharia Civil?	

Comentários e Observações Gerais:

APÊNDICE B – Questionário de avaliação da ferramenta por estudantes de Engenharia Civil

SOLICITAÇÃO DE COLABORADOR COM A PESQUISA

Prezado(a) colaborador(a),

O Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil (PECC), do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade de Brasília, está realizando uma pesquisa que objetiva propor uma ferramenta utilizando conceitos do *design science* e sistemas dinâmicos de modelagem para estimular a visão sistêmica de conceitos relacionados à construção civil no Brasil.

Nesse sentido, solicitamos sua colaboração respondendo ao questionário que lhe está sendo entregue, o qual constituirá importante elemento para a avaliação do instrumento de coleta de dados a ser adotado nesta pesquisa.

As respostas devem corresponder ao que você faz ou pensa e não ao que você deveria fazer ou pensar, assim como não deverá ser de acordo com o que os outros deveriam fazer ou pensar. Não há respostas corretas ou incorretas, entretanto, não detenha muito tempo pensando em uma resposta ideal; responda de acordo com sua primeira impressão.

Evidencia-se que o objetivo deste instrumento não é avaliar o respondente e sim obter dados para a pesquisa.

Ressaltando, uma vez mais, a importância de sua participação, agradecemos a colaboração e colocamo-nos à inteira disposição para quaisquer dúvidas ou informações que se fizerem necessários.

Cordialmente,

Profª Dra Michele Tereza M. Carvalho
Orientadora
Universidade de Brasília

Abdala Carim Nabut Neto
Doutorando

Endereço: **Universidade de Brasília - DF**
Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil – PECC.
Campus Darcy Ribeiro, Edifício SG-12.
Plano Piloto, Asa Norte.
Brasília – Distrito Federal.
CEP: 70.910-900
Telefones: (61) 9987-0780 (*WhatsApp*) ; (61) 3366-5656
E-Mail: carimnabut@hotmail.com

**QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DA FERRAMENTA
WWW.CONSTRUCAOCIVIL.INFO**

**Autor: Abdala Carim Nabut Neto, M.Sc.
Doutorando em Estruturas e Construção Civil
Universidade de Brasília (UnB)**

Data do Preenchimento: / / 2015

Nome (Preenchimento Opcional):

Sexo: M / F

Ocupação:

Semestre:

**AVALIAÇÃO DA VISÃO SISTÊMICA MACRO: ANÁLISE GERAL DO WEBSITE
WWW.CONSTRUCAOCIVIL.INFO**

NS = não sei

Péssimo | 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 | Excelente

PERGUNTAS	ESCALA
1. Qual o seu grau de conhecimento sobre o <i>system dynamics modeling</i> (sistema dinâmico de modelagem)?	
2. Qual o seu grau de conhecimento sobre o <i>design science research (DSR)</i> ?	
3. Qual o seu grau de conhecimento sobre a Estrutura Analítica de Projeto (EAP) ou <i>Work Breakdown Structure (WBS)</i> ?	
4. É possível observar na ferramenta a junção dos conceitos de <i>system dynamics modeling</i> (sistema dinâmico de modelagem), <i>design science research</i> e Estrutura Analítica de Projeto?	
5. A Seção 1: <i>Instagram</i> (Todo conteúdo publicado no @construcaocivil) ajuda a entender e acessar informações sobre a construção civil no Brasil?	
6. A Seção 2: <i>Insta Direct</i> (Obras no Brasil e no Mundo) ajuda a entender e acessar informações sobre a construção civil no Brasil?	
7. A Seção 3: <i>Visão Sistêmica</i> (o passo-a-passo) ajuda a entender o procedimento construtivo predial no Brasil?	
8. A Seção 4: <i>Downloads</i> (Modelos de documentos, tabelas e arquivos) ajuda a acessar informações sobre a construção civil e outras áreas da Engenharia Civil?	
9. A Seção 5: <i>Acadêmico</i> (Material Teórico) ajuda a ter acesso à informações sobre disciplinas específicas do curso de Engenharia Civil?	
10. A Seção 6: <i>Brasil – Por um País Melhor</i> ajuda a entender e acessar informações sobre a construção e Engenharia Civil no Brasil?	
11. O conteúdo apresentado na ferramenta ficou organizado e facilitou o acesso às informações?	

12. A ferramenta estimula a reflexão sobre o conteúdo apresentado?	
13. É possível observar uma articulação entre a teoria acadêmica e a prática profissional na ferramenta?	
14. É possível tirar dúvidas sobre a construção civil predial no Brasil com o uso da ferramenta?	
15. O conteúdo apresentado na ferramenta é relevante para você?	
16. O material didático apresentado na ferramenta auxilia o aprendizado do usuário?	
17. A ferramenta possui informações organizadas?	
18. A ferramenta é visualmente atraente?	
19. A ferramenta tem um conteúdo atraente?	
20. Você recomendaria a ferramenta aos seus amigos?	
21. A ferramenta auxilia e estimula a melhoria da visão sistêmica de conceitos relacionados à construção civil?	
22. Qual a sua avaliação geral da ferramenta?	

23. De um modo geral, o que você definiria como os **pontos mais fortes** da ferramenta?

Respostas (assinalar quantas opções achar necessário):

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Organização | <input type="checkbox"/> Clareza |
| <input type="checkbox"/> Diversidade de Informações | <input type="checkbox"/> Disseminação do conhecimento |
| <input type="checkbox"/> União entre teoria e prática | <input type="checkbox"/> Manual de boas práticas |
| <input type="checkbox"/> Participação de alunos | <input type="checkbox"/> Conteúdo inédito |
| <input type="checkbox"/> Participação de profissionais da construção civil | <input type="checkbox"/> Participação de professores |
| <input type="checkbox"/> Marca forte | <input type="checkbox"/> Capacidade de inovação |
| <input type="checkbox"/> Qualidade das informações | <input type="checkbox"/> Gestão competente |
| <input type="checkbox"/> Nenhuma das alternativas | <input type="checkbox"/> Todas as alternativas |
| <input type="checkbox"/> Outro (s) _____ | <input type="checkbox"/> Buscador na tela inicial |

24. De um modo geral, o que você definiria como os **pontos mais fracos** da ferramenta?

Respostas (assinalar quantas opções achar necessário):

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Desorganização | <input type="checkbox"/> Falta de clareza |
| <input type="checkbox"/> Poucas informações temporariamente | <input type="checkbox"/> Conteúdo desinteressante |
| <input type="checkbox"/> Fragilidade na veracidade de informações | <input type="checkbox"/> Conteúdo desnecessário |
| <input type="checkbox"/> Fragilidade na autenticidade das informações | <input type="checkbox"/> Falta de objetividade |
| <input type="checkbox"/> Fragilidade na propriedade de conteúdo sendo divulgado | <input type="checkbox"/> Informações erradas |
| <input type="checkbox"/> Comunicação deficiente | <input type="checkbox"/> Baixa visibilidade |
| <input type="checkbox"/> Nenhuma das alternativas | <input type="checkbox"/> Todas as alternativas |
| <input type="checkbox"/> Garantia de manutenção constante | <input type="checkbox"/> Crescimento da base de dados |
| <input type="checkbox"/> Abastecimento do sistema de informações | <input type="checkbox"/> Informações incompletas |
| <input type="checkbox"/> Outro (s) _____ | |

25. De um modo geral, o que você definiria como **possíveis oportunidades** que a ferramenta poderá proporcionar?

Respostas (assinalar quantas opções achar necessário):

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Inspiração para temas relacionados à indústria da construção civil no Brasil | <input type="checkbox"/> Projeto piloto para outras áreas do conhecimento (ex. Medicina, Direito, etc) |
| <input type="checkbox"/> Motivação para alunos de Engenharia Civil | <input type="checkbox"/> Venda de publicidade direcionada |
| <input type="checkbox"/> Geração de empregos diretos e indiretos | <input type="checkbox"/> Banco de dados de empresas do ramo |
| <input type="checkbox"/> Oportunidades de trabalho para usuários da ferramenta | <input type="checkbox"/> Integração com o mercado global |
| <input type="checkbox"/> Alianças estratégicas | <input type="checkbox"/> Demanda de novos produtos e/ou serviços |
| <input type="checkbox"/> Incentivos governamentais | <input type="checkbox"/> Melhor imagem externa do Brasil |
| <input type="checkbox"/> Nenhuma das alternativas | <input type="checkbox"/> Todas as alternativas |
| <input type="checkbox"/> Outro (s) _____ | |

26. De um modo geral, o que você definiria como **possíveis ameaças** que a ferramenta poderá proporcionar?

Respostas (assinalar quantas opções achar necessário):

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Concorrência predatória com outras ferramentas | <input type="checkbox"/> Novas tecnologias |
| <input type="checkbox"/> Ferramentas substitutas | <input type="checkbox"/> Instabilidade política |
| <input type="checkbox"/> Crise econômica | <input type="checkbox"/> Novos tributos |
| <input type="checkbox"/> Nenhuma das alternativas | <input type="checkbox"/> Todas as alternativas |
| <input type="checkbox"/> Outro (s) _____ | <input type="checkbox"/> Nenhuma ameaça |

27. Na sua opinião, o conteúdo apresentado auxilia mais (marcar com um “X” as opções que achar pertinente):

Estudantes	
Engenheiros	
Acadêmicos	
Curiosos	
Profissionais da Indústria da Construção Civil	
Investidores	
Outros	
Todas as alternativas anteriores	
Não auxilia	

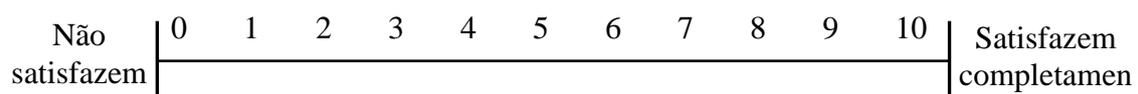
28. Com qual frequência você utiliza as redes sociais para tirar dúvidas profissionais e/ou acadêmicas?

Nunca	
Ocasionalmente	
Regularmente	
Sempre	

29. Qual a probabilidade da sua utilização da ferramenta?

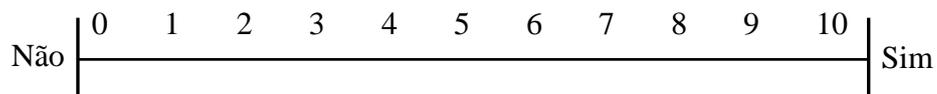
Nenhuma	
Baixa	
Média	
Alta	

30. Na sua opinião, informações e ferramentas atuais disponíveis na Internet satisfazem as principais dúvidas relacionadas à construção civil no Brasil?



ESCALA

31. Na sua opinião, a ferramenta poderá auxiliar o conteúdo ministrado nas salas de aula?



ESCALA

32. Na sua opinião, a ferramenta auxilia e estimula a visão sistêmica global (macro) da indústria da construção civil?

Não | 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 | Sim

ESCALA

AVALIAÇÃO DA VISÃO SISTÊMICA MICRO: APLICAÇÃO NA DISCIPLINA DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO CIVIL EXPERIMENTAL I

Instruções: (1) Abrir o *website* www.construcaocivil.info; (2) Arrastar o mouse sobre o menu “Visão Sistêmica – O passo-a-passo”; (3) Clicar na Opção/Etapa 13 – “Ensaio de Laboratório – Universidade de Brasília” uma vez com o botão esquerdo do mouse.

NS = não sei

Não auxilia | 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 | Auxilia muito

PERGUNTAS	ESCALA
33. A ferramenta auxilia no aprendizado e acesso a informações sobre blocos cerâmicos?	
34. A ferramenta auxilia no aprendizado e acesso a informações sobre placas cerâmicas?	
35. A ferramenta auxilia no aprendizado e acesso a informações sobre aço para concreto armado?	
36. A ferramenta auxilia no aprendizado e acesso a informações sobre agregados?	
37. A ferramenta auxilia no aprendizado e acesso a informações sobre cimentos Portland?	
38. A ferramenta auxilia no aprendizado e acesso a informações sobre concreto de cimento Portland?	
39. A ferramenta auxilia no aprendizado e acesso a informações sobre argamassas?	
40. A ferramenta auxilia a visão sistêmica micro (vínculos dentro de uma disciplina específica do curso de Engenharia Civil com demais áreas da construção civil)?	
41. A ferramenta auxilia na aprendizagem de conceitos apresentados?	
42. A ferramenta auxilia o acesso a informações relacionadas com uma disciplina específica do curso de Engenharia Civil?	

43. Qual área da Engenharia Civil você gostaria de se especializar ou qual dessas áreas você pretende seguir sua carreira profissional?

Estruturas e Construção Civil	
Geotecnia e Fundações	
Instalações prediais	
Pontes	
Estradas	
Aeroportos	
Ferrovias	
Pontes	
Hidrologia	
Infraestrutura básica (água, energia, esgoto)	
Gestão de Projetos (orçamento, planejamento, etc)	
Projetos (escritórios de cálculo estrutural, instalações, etc)	
Empreendedorismo	
Concursos Públicos e/ou Carreira Pública	
Ainda não fiz uma escolha	
Outro (s):	

Comentários e Observações Gerais:

APÊNDICE C – Lista das disciplinas do curso de Engenharia Civil (base USP e UnB)

ENGENHARIA CIVIL (BASE USP e UnB)		
GRADUAÇÃO (BASE USP e UnB)		
NÚMERO DA DISCIPLINA (#)	NOME DA DISCIPLINA	SEMESTRE GRADUAÇÃO (SG)
1	Introdução à Engenharia (Construção Civil I e II)	1
2	Química Tecnológica Geral	1
3	Geometria Gráfica Para Engenharia (Geometria Analítica)	1
4	Álgebra Linear para Engenharia I	1
5	Cálculo diferencial e integral para Engenharia I (Cálculo I)	1
6	Introdução à computação para Engenharia	1
7	Física Geral e Experimental para Engenharia I	1
8	Introdução à ciência dos materiais para engenharia (materiais de construção I e II)	2
9	Mecânica A (Mecânica Geral I)	2
10	Representação Gráfica para Engenharia (Desenho I e Desenho II)	2
11	Álgebra Linear para Engenharia II (Álgebra Linear II)	2
12	Cálculo diferencial e integral para Engenharia II (Cálculo II)	2
13	Cálculo Numérico	2
14	Laboratório de Física para Engenharia II	2
15	Física para Engenharia II (Física II)	2
16	Informações Espaciais I	3
17	Mecânica dos Fluidos I	3
18	Introdução à mecânica das estruturas	3
19	Física das construções	3
20	Cálculo diferencial e integral para Engenharia III (Cálculo III)	3
21	Elementos de Mineralogia e Geologia	3
22	Laboratório de Física III para Engenharia	3
23	Física III para Engenharia (Física III)	3
24	Informações Espaciais II	4
25	Estatística I (Probabilidade e Estatística I)	4
26	Introdução à Engenharia Ambiental (Ciências do Ambiente)	4
27	Resistência dos Materiais e Estática das Construções I	4
28	Eletrotécnica Geral	4

29	Técnicas de Planejamento de Empreendimentos (orçamento, planejamento, e controle de construções)	4
30	Cálculo diferencial e integral para Engenharia IV (Cálculo IV)	4
31	Laboratório de Física IV para Engenharia	4
32	Física IV para Engenharia (Física IV)	4
33	Projeto de infraestrutura de vias de transportes terrestres (tópicos especiais em transportes)	5
34	Princípios de geoprocessamento (sistemas de informações geográficas)	5
35	Laboratório de Hidráulica	5
36	Hidrologia Aplicada	5
37	Hidráulica Geral I	5
38	Estruturas de concreto I (Concreto I)	5
39	Resistência dos Materiais e Estática das Construções II	5
40	Laboratório de materiais de construção civil I (materiais de construção civil experimental I)	5
41	Materiais de construção civil I	5
42	Gestão da produção na construção civil I (gestão e ferramentas de controle)	5
43	Princípios básicos de engenharia de tráfego (Engenharia de Tráfego)	6
44	Economia Geral (Engenharia Econômica)	6
45	Hidráulica Geral II	6
46	Mecânica dos Solos (Mecânica dos Solos I e II)	6
47	Estruturas de concreto II (Concreto Estrutural II)	6
48	Mecânica das Estruturas I	6
49	Laboratório de Materiais de construção civil II (materiais de construção civil experimental II)	6
50	Materiais de construção civil II (Materiais II)	6
51	Gestão da produção na construção civil II (gestão e ferramentas de controle)	6
52	Geotecnia	7
53	Teoria das Estruturas	7
54	Resistência dos Materiais	7
55	Pavimentos (Pavimentação)	7
56	Saneamento I	7
57	Hidráulica Geral III	7
58	Obras de Terra (barragens de terra e enrocamento; estruturas de contenções e estabilidade de taludes)	7
59	Estruturas metálicas e de madeira	7
60	Mecânica das Estruturas II	7
61	Sistemas Prediais I	7
62	Planejamento e engenharia urbanos	7

63	Tecnologia da construção de edifícios I	7
64	Concreto Protendido	8
65	Estruturas de Concreto (Concreto Armado)	8
66	Economia e planejamento de sistemas de transportes (Planejamento de transportes e da mobilidade urbana)	8
67	Barragens e estruturas hidráulicas (aproveitamento de recursos hídricos e barragens de terra e enrocamento)	8
68	Portos, obras hidráulicas fluviais e marítimas	8
69	Saneamento II	8
70	Fundações	8
71	Pontes e grandes estruturas (pontes, portos e vias navegáveis)	8
72	Sistemas Prediais II	8
73	Tecnologia da construção de edifícios II	8
74	Planejamento e gestão de investimentos (planejamento e controle de obras)	8
75	Transporte público urbano	9
76	Estágio supervisionado em Engenharia de Transportes	9
77	Monitoramento de estruturas - técnicas geodésicas e análise modal	9
78	Segurança viária	9
79	Estágio supervisionado em Engenharia Hidráulica I	9
80	Tratamento e disposição final de resíduos sólidos e lodos de estações de tratamento	9
81	Ecoeficiência na indústria	9
82	Tecnologias de monitoramento ambiental	9
83	Gestão de recursos hídricos	9
84	Gestão ambiental de obras hidráulicas	9
85	Aleatoriedade e incertezas: modelagem e impacto nas decisões de engenharia	9
86	O método dos elementos finitos	9
87	Estágio supervisionado em engenharia de solos I	9
88	Estágio supervisionado em engenharia de estruturas I	9
89	Tópicos especiais em solos e rochas	9
90	Modelagem computacional de estruturas	9
91	Estruturas danificadas: segurança e ações corretivas	9
92	Concepção, projeto e métodos construtivos de edifícios	9
93	Estágio supervisionado em engenharia de construção civil I	9
94	Inovação tecnológica na produção de edifícios	9
95	A produção de edifícios de pequeno porte: do projeto à entrega do empreendimento	9
96	Sistemas de gestão da qualidade nas empresas da construção civil	9
97	Alvenaria estrutural	9

98	Tecnologia de produção de obras de construção pesada	9
99	Tópicos avançados em engenharia I	9
100	Estruturas metálicas (Estruturas de Aço)	9
101	Transporte aéreo e aeroportos	9
102	Princípios de administração de empresas (Economia e Administração)	9
103	Trabalho de formatura para Engenharia Civil I	9
104	Fundamentos de sistemas inteligentes de transportes (ITS)	10
105	Estágio supervisionado em engenharia de transportes	10
106	Transporte Aéreo	10
107	Planejamento e políticas de transporte urbano	10
108	Logística	10
109	Gestão de pavimentos	10
110	Estágio supervisionado em engenharia hidráulica II	10
111	Tecnologias de tratamento de resíduos sólidos urbanos	10
112	Projeto e operação de sistemas de reservatórios	10
113	Tratamento de efluentes líquidos industriais	10
114	Águas em sistemas urbanos I	10
115	Saneamento Ambiental	10
116	Prática de empreendimentos na área de edificações	10
117	Projeto de estruturas em situação de incêndio	10
118	Modelagem, simulação e otimização computacional na engenharia estrutural	10
119	Estágio supervisionado em engenharia de solos II	10
120	Estágio supervisionado em engenharia de estruturas II	10
121	Geotecnia Ambiental	10
122	Projeto de estruturas marítimas	10
123	Racionalização do projeto e produção de estruturas de edifícios	10
124	Concepção, projeto e métodos construtivos de grandes estruturas e obras enterradas	10
125	Estágio supervisionado em engenharia e construção civil II	10
126	O edifício e o ambiente	10
127	Patologia e terapia das estruturas de concreto	10
128	Gestão do processo de projeto	10
129	<i>Real Estate</i> - Economia setorial e mercados	10
130	Tópicos avançados em engenharia II	10
131	Empreendedorismo e planos de negócios	10
132	Estradas (Projeto de Estradas 1 e 2)	10
133	Instituições de direito (Noções de direito e ética profissional)	10
134	Trabalho de formatura para Engenharia Civil II	10

PÓS- GRADUAÇÃO LATO SENSU (BASE FGV)		
MBA EM GESTÃO FINANCEIRA, CONTROLADORIA E AUDITORIA (BASE FGV)		
NÚMERO DA DISCIPLINA (#)	NOME DA DISCIPLINA	ANO MBA 1 (AMBA1)
135	Estratégia de Empresas	1
136	Matemática Financeira	1
137	Gestão das Relações Obrigacionais	1
138	Contabilidade Financeira	1
139	Comunicação Interpessoal	1
140	Contabilidade Avançada	1
141	Economia Empresarial	1
142	Finanças Corporativas	1
143	Análise Econômico-Financeira	1
144	Planejamento Tributário	2
145	Administração de Capital de Giro	2
146	Orçamento Empresarial e Fluxo de Caixa	2
147	Gestão de Projetos	2
148	Gestão de Custos	2
149	Auditoria das Demonstrações Financeiras	2
150	Análise de Projetos de Investimentos	2
151	Controladoria	2
152	Jogos de Negócios	2
153	Trabalho de conclusão de curso: custos e formação de preços	2

PÓS- GRADUAÇÃO LATO SENSU (BASE FGV)		
MBA EM GESTÃO DE NEGÓCIOS IMOBILIÁRIOS E DA CONSTRUÇÃO CIVIL (BASE FGV)		
NÚMERO DA DISCIPLINA (#)	NOME DA DISCIPLINA	ANO MBA 2 (AMBA2)
154	Aspectos Ambientais de Empreendimentos Imobiliários	1
155	Aspectos Jurídicos de Incorporações e Construções	1
156	Cenários Econômicos e Tendências	1
157	Contabilidade da Construção Civil e Atividade Imobiliária	1
158	Coordenação e Desenvolvimento de Projetos de Edificações	1
159	Estratégia de Empresas	1
160	Fundamentos de Gerenciamento de Projetos na Construção	1

	Civil	
161	Gestão de Operações e Obras	1
162	Gestão de Pessoas	2
163	Marketing Imobiliário	2
164	Matemática Financeira	2
165	Negociação e Administração de Conflitos	2
166	Orçamento e Planejamento de Custos de Edificações	2
167	Vendas Imobiliárias, Canais de Vendas e Trade Marketing	2
168	Viabilidade de Empreendimentos e Incorporações Imobiliárias	2
169	Trabalho de Conclusão de Curso: FGV Management Business Simulation	2

PÓS- GRADUAÇÃO STRICTO SENSU (BASE UnB)		
MESTRADO E DOUTORADO EM ESTRUTURAS E CONSTRUÇÃO CIVIL - <u>DISCIPLINAS OBRIGATÓRIAS</u> (BASE UnB)		
NÚMERO DA DISCIPLINA (#)	NOME DA DISCIPLINA	SEMESTRE MESTRADO E DOUTORADO (SMD)
170	Avaliação de Desempenho de Edificações	1
171	Ciências dos Materiais: Ciência dos Materiais Aplicada aos Materiais de Construção	1
172	Mecânica dos Materiais	1
173	Métodos Matemáticos para Engenharia	1

PÓS- GRADUAÇÃO STRICTO SENSU (BASE UnB)		
MESTRADO E DOUTORADO EM ESTRUTURAS E CONSTRUÇÃO CIVIL - <u>DISCIPLINAS OBRIGATÓRIAS</u> (BASE UnB)		
NÚMERO DA DISCIPLINA (#)	NOME DA DISCIPLINA	SEMESTRE MESTRADO E DOUTORADO (SMD)
174	Sistemas de Revestimento para Edificações	1
175	Tópicos Especiais em Construção Civil	1
176	Tópicos Especiais em Estruturas	1

177	Teoria das Estruturas Laminares	1
178	Sustentabilidade na Construção Civil	1
179	Reologia e Modelos Constitutivos para o Concreto	1
180	Racionalização das Construções	2
181	Metodologia Científica	2
182	Método dos Operadores Discretos	2
183	Métodos Estocásticos	2
184	Métodos Computacionais II	2
185	Métodos Computacionais I	2
186	Método dos Elementos Finitos II	3
187	Método dos Elementos de Contorno	3
188	Mecânica Experimental	3
189	Interação Fluido-Estrutura	3
190	Estudos Especiais em Estruturas de Concreto II	3
191	Estudos Especiais em Estruturas de Concreto I	3
192	Estudo Dirigido em Estruturas e Construção Civil	4
193	Estruturas de Aço	4
194	Dinâmica das Estruturas II	4
195	Corrosão de Armaduras	4
196	Concreto Protendido	4
197	Concretos Especiais	4
198	Cimentos Portland	5
199	Análise Elástica e Elastoplástica das Estruturas	5
200	Aerodinâmica Aplicada	5
201	Gestão e Economia no Processo de Produção de Edificações	5
202	Qualidade na Construção Civil	5
203	Fundamentos de Computação Gráfica e Visual	5
204	Tecnologia Avançada do Concreto	6
205	Patologia, Recuperação e Manutenção de Estruturas	6
206	Método dos Elementos Finitos I	6
207	Mecânica dos Meios Contínuos Aplicada	6
208	Instabilidade Estrutural	6
209	Dinâmica das Estruturas	6

APÊNDICE D– Critérios de avaliação e medição de dados do *Google Analytics*

Os dados analíticos da web (Internet) são medidos por um software que rastreia cliques do mouse dos visitantes dos sites e pedidos de informação. Os dados são armazenados pelo *Google* e podem ser comparados ao longo do tempo para ajudar os gerentes de Web a melhorarem a eficácia dos sites e os gestores a tomarem decisões sobre a eficácia de uma campanha. Os dados recolhidos pelo *Google Analytics* podem ser usados para determinar quais páginas do site de uma organização são as mais populares ou mais acessadas, que tipo de informação os visitantes do site estão interessados em acessar, o caminho que os visitantes tomam ao navegarem para e fora do site de uma organização, quanto tempo eles gastam no site, entre outros. Dados analíticos não são armazenados nos computadores dos visitantes e não contêm informações de identificação pessoal (Kent, Carr, Husted, Pop, 2011).

O *Google Analytics* funciona por ter um administrador de *website* que cola um pouco de código de computação em cada página ou link/documento na web que o usuário deseja acompanhar. O *Google Analytics* começa a acompanhar o site assim que as páginas da web revisadas (com o código de acompanhamento inserido) forem carregados. Dados de métrica podem ser usados para determinar as tendências de uso geral e quais seções, informações, documentos ou características de um site que os visitantes consideram mais úteis. Por exemplo, uma empresa de software pode querer ser capaz de mais rapidamente direcionar os visitantes para um fórum de ajuda on-line ou FAQ. Um site educacional pode querer que os estudantes obtivessem informações sobre admissões ou cursos mais facilmente, reduzindo a carga sobre assessores para responder a perguntas comuns (Kent, Carr, Husted, Pop, 2011).

Medir as estatísticas de visitantes em uma página na Internet é uma atividade fundamental para qualquer prestador de *website*. No entanto, os métodos de análise estatística têm sido bastante limitados, difíceis, dispendiosos ou pesados. O *Google Analytics* oferece uma ferramenta gratuita para medir e analisar estatísticas de visitantes (Pakkala, Presser, Christensen, 2012).

(a) Quantidade de sessões

De acordo com o *Google Analytics* (2015), a sessão é um grupo de interações que ocorrem em um *website* em um determinado período. Por exemplo, uma única sessão pode conter várias exibições de página ou de tela, eventos, interações sociais e transações de comércio eletrônico. Um único usuário pode abrir várias sessões. Essas sessões podem ocorrer no mesmo dia ou em vários dias, semanas ou meses. Assim que uma sessão termina, existe a oportunidade de iniciar uma nova sessão. Há dois métodos para o encerramento de uma sessão:

- i) Vencimento com base no tempo (incluindo o fim do dia): Depois de 30 minutos de inatividade ou à meia-noite.
- ii) Alteração de campanha: se um usuário entra por meio de uma campanha, sai e depois volta por meio de outra campanha.

Por padrão, uma sessão permanece ativa até que tenham se passado 30 minutos de inatividade, mas é possível ajustar essa duração para que ela fique ativa por alguns segundos ou várias horas. Uma sessão pode durar desde alguns segundos até várias horas. O *Google Analytics* reinicia o tempo de vencimento adicionando 30 minutos a partir do momento da interação.

O *Google Analytics* também calcula as “Entradas” de maneira diferente das “Sessões” (podem ser exibidos valores diferentes para essas métricas nos relatórios). As Entradas são incrementadas no primeiro *hit* de exibição de página ou de tela de uma sessão. Já as Sessões são incrementadas no primeiro *hit* de uma sessão, independentemente do tipo de *hit*. Portanto, pode haver uma discrepância entre “Entradas” e “Exibições” de página ou exibições de tela para propriedades em que o primeiro *hit* da sessão pode ser um *hit* de evento.

Exemplo: um usuário insere um *website* e acessa duas páginas: Entrada → página A → página B → saída.

Seria possível ver os seguintes dados para cada página:

- Página A: 1 entrada, 1 sessão, 1 exibição de página

- Página B: 0 entradas, 0 sessões, 1 exibição de página

O usuário entrou na página A (que também é contabilizada como uma exibição de página). Em seguida, o usuário passou para a página B antes de sair do site e encerrar a sessão. Se o primeiro hit da sessão for de evento, não de página, a sessão teria esta aparência: Entrada → evento 1 (associado à página B por meio do parâmetro da página) → página A → página B → saída.

Seria possível ver os seguintes dados associados a cada página nos relatórios:

- Página A: 1 entrada, 0 sessões, 1 exibição de página
- Página B: 0 entradas, 1 sessão, 1 exibição de página

Nesse exemplo, o usuário entrou no site e acionou imediatamente um evento do *Google Analytics* hospedado na página B. Embora o evento seja hospedado na página B, ele ainda é um hit de evento, e não um de página. Sendo assim, não é possível que o *Google Analytics* atribua uma entrada para a página B. A entrada ainda é atribuída à página “A” porque o primeiro hit de página da sessão é enviado ao *Google Analytics* quando o usuário vai para a página “A” como a próxima etapa depois de acionar o evento (*Google Analytics*, 2015).

(b) Quantidade de usuários

As métricas “usuários” e “usuários ativos” mostram quantos usuários visualizaram ou interagiram com a ferramenta (*website/aplicativo*). O *Google Analytics* usa duas técnicas diferentes para calcular a métrica “usuários” para tipos diferentes de solicitações de relatórios. Como resultado, é possível notar discrepâncias nos usuários em diferentes relatórios. Para veicular rapidamente dados para os relatórios, o *Google Analytics* cria um conjunto de tabelas de dados pré-agregadas sem amostragem que são atualizados diariamente. As tabelas de dados pré-agregadas são preparadas para gerenciar solicitações comuns de relatórios, incluindo alterações no período de relatórios padrão. Por exemplo, quando um relatório é solicitado, o *Google Analytics* consulta cada métrica nas tabelas de dados pré-agregadas e veicula esses resultados nos seus relatórios. Se o período de 1º a 31 de agosto para 1º de agosto a 1º de setembro for ajustado, o *Google Analytics* consultará cada métrica na tabela de dados pré-agregados de 1º de setembro e acrescentará os novos dados ao total existente.

De acordo com o *Google Analytics* (2015), isso funciona bem para a maioria das métricas. Muitas métricas, como “Exibições de página” ou “Exibições de tela”, são meras contagens adicionais ao longo de alguns dias. No entanto, a métrica “Usuários” se baseia em cálculos mais complicados. Em vez de simplesmente adicionar ou subtrair dados processados das tabelas pré-agregadas, o *Google Analytics* precisa recalculá-la para cada período em que um relatório for solicitado. Por exemplo, se um usuário acessa um *website* em 31 de agosto e em 1º de setembro, o *Google Analytics* reconhece esse usuário como sendo único no decorrer desses dois dias. Se o período de 1º a 31 de agosto for alterado para 1º de agosto a 1º de setembro, o *Google Analytics* não consegue simplesmente acrescentar a diferença ao valor da métrica “Usuários” que aparece nos relatórios, pois esse número se baseia em um cálculo complicado e não é apenas adicionado à execução total nas tabelas de dados pré-agregadas. É necessário calcular a métrica imediatamente sempre que um relatório é solicitado. Para isso, há dois cálculos para a métrica “Usuários”. O cálculo ideal é selecionado de acordo com o relatório visualizado.

i) Cálculo 1: dados pré-calculados. Esse cálculo usa somente o número de sessões no período específico e o horário de cada sessão. Essa informação é determinada pela tecnologia gerenciada no dispositivo, como um navegador da Web, e é frequentemente chamada de horário do cliente. Como o resultado desse cálculo pode ser adicionado às tabelas de dados pré-agregadas, o *Google Analytics* pode fazer referência à tabela para recuperar e veicular rapidamente esses dados em um relatório, incluindo quando o período é alterado.

O Cálculo 1 é usado exclusivamente nos relatórios quando a única dimensão é um período, como data, semana do ano ou mês do ano. Isso significa que ele só aparece no Relatório de visão geral do público-alvo quando nenhum segmento é aplicado ou em um relatório personalizado em que uma dessas dimensões de data é a única dimensão aplicada. Quando a métrica Usuários é visualizada em qualquer dimensão que não seja de data, o *Google Analytics* usa uma segunda tabela para calcular a métrica “Usuários” imediatamente.

Embora esse cálculo possa fornecer rapidamente dados sem amostra, ele tem algumas desvantagens. Ele usa o número de sessões e o horário do cliente. Portanto, se o horário de um usuário estiver incorreto ou se você estiver usando uma visualização de relatório que filtra

algumas sessões de um usuário (em vez de todos os usuários), é possível que os dados sejam inconsistentes.

Para contornar qualquer possível imprecisão, é possível criar um relatório personalizado com uma dimensão que não seja de data e que seja a mesma em todas as sessões dos usuários (por exemplo, navegador, sistema operacional ou dispositivo móvel). Isso força o *Google Analytics* a usar o Cálculo 2.

ii) Cálculo 2: dados calculados imediatamente. O Cálculo 2 se baseia no modo como os dados persistentes sobre tráfego são atribuídos, coletados e armazenados. Há muitas soluções que podem ser implementadas para personalizar isso. Entretanto, a maneira mais comum pela qual esses dados são atribuídos e armazenados é pelos *cookies* gerenciados por meio de um navegador da Web.

O Cálculo 2 requer computação potente em grandes conjuntos de dados para fazer sempre referência aos dados das tabelas brutas da sessão, não das tabelas pré-agregadas. O Cálculo 2 leva mais tempo do que o Cálculo 1 para processar e veicular dados para seus relatórios porque os valores são calculados imediatamente. O *Google Analytics* não consegue simplesmente consultar e fornecer dados que já foram processados e armazenados nas tabelas pré-agregadas. O cálculo ocorre sempre que solicitado.

O Cálculo 2 é usado em relatórios personalizados e permite o cálculo da métrica “Usuários” em qualquer dimensão, como navegador, cidade ou origem. Para algumas dimensões, como origem ou mídia, é possível que o mesmo usuário único esteja em vários grupos (por exemplo, se um usuário acessa o site da pesquisa orgânica e da pesquisa paga no mesmo período). Por esse motivo, quando a métrica “Usuários” em tal dimensão é visualizada, a soma das linhas não deve ser igual ao total.

(c) Quantidade de visualizações de páginas

Uma exibição de página é definida como a visualização de uma página no site que está sendo monitorado pelo código de acompanhamento do *Google Analytics*. Se um usuário recarregar a página depois de acessá-la, será contabilizada mais uma exibição de página. Se o usuário

navegar para uma página diferente e, em seguida, retornar para a página original, uma segunda exibição de página também será registrada (*Google Analytics*, 2015).

Uma exibição de página única, conforme apresentado no “Relatório de visão geral de conteúdo”, agrega exibições de página que são geradas pelo mesmo usuário durante a mesma sessão. Uma exibição de página única representa o número de sessões durante as quais a página foi exibida uma ou mais vezes.

As sessões são incrementadas com o primeiro *hit* de uma sessão, enquanto as entradas são incrementadas com a primeira exibição de página de uma sessão. Se o primeiro *hit* da sessão não for uma exibição de página, pode-se notar uma diferença entre o número de sessões e o número de entradas.

O *Google Analytics* avalia as sessões e os usuários na conta da ferramenta. As sessões representam o número de sessões individuais iniciadas por todos os usuários para o *website*. Se um usuário estiver inativo no site por 30 minutos ou mais, qualquer atividade futura será atribuída a uma nova sessão. Os usuários que saem da ferramenta e retornam em menos de 30 minutos são contabilizados como parte da sessão original.

A sessão inicial de um usuário durante qualquer período selecionado é considerada uma sessão adicional e um usuário adicional. As sessões futuras do mesmo usuário durante o período selecionado são contabilizadas como sessões adicionais, mas não como usuários adicionais.

Há uma diferença grande entre cliques (como nos seus Relatórios do *Google AdWords*) e sessões como nos Relatórios de público-alvo. A coluna de Cliques nos relatórios indica quantas vezes os usuários clicaram nas publicidades. A coluna Sessões indica o número de sessões únicas iniciadas pelos usuários. Esses dois números não coincidem por diversos motivos:

i) Um usuário pode clicar em um anúncio várias vezes. Quando uma pessoa clica em uma publicidade várias vezes na mesma sessão, o *Google AdWords* registra vários cliques,

enquanto o *Google Analytics* reconhece as exibições de página diferentes como uma sessão. Esse é um comportamento comum entre usuários envolvidos em comparações para compras.

ii) Um usuário pode clicar em um anúncio e, depois, durante uma sessão diferente, retornar diretamente para o site por meio da página adicionada aos favoritos. Nesse caso, as informações de referência da sessão original são retidas. Portanto, um clique resulta em várias sessões.

iii) Um usuário pode clicar em uma publicidade, mas impedir o carregamento completo da página ao navegar para outra página ou ao pressionar o botão “Interromper” do navegador. Nesse caso, o código de acompanhamento do *Google Analytics* não consegue executar e enviar dados de acompanhamento para os servidores do Google. No entanto, o Google AdWords ainda registra um clique.

iv) Para garantir um faturamento mais preciso, o *Google AdWords* automaticamente filtra cliques inválidos dos relatórios. No entanto, o *Google Analytics* registra esses cliques como sessões no *website* para mostrar o conjunto completo de dados de tráfego (*Google Analytics*, 2015).

(d) Taxa de rejeição

De acordo com o *Google Analytics* (2015), a taxa de rejeição é o percentual de sessões de uma única página (ou seja, sessões nas quais a pessoa saiu do *website* na página de entrada sem interagir com ela).

Diversos fatores contribuem para uma alta taxa de rejeição. Por exemplo, os usuários podem sair do *website* na página de entrada se houver problemas de design ou dificuldade de uso. Opcionalmente, os usuários também podem sair do site depois de visualizar uma única página, caso eles tenham encontrado a informação desejada nela e não tenham interesse em acessar outras páginas.

Uma alta taxa de rejeição pode ser causada por um ou vários fatores diferentes, incluindo:

(i) *Website* de uma única página; se existe apenas uma página no site, o *Google Analytics* não registra várias exibições de página, a menos que os usuários atualizem a página. Como resultado, sites de única página costumam ter altas taxas de rejeição. Para descobrir como as pessoas usam esse tipo de site, recomenda-se programar outros métodos de acompanhamento de conteúdo, como por exemplo, “eventos”.

(ii) Implementação incorreta: se um site de várias páginas apresenta uma alta taxa de rejeição, recomenda-se verificar se o código de acompanhamento a todas elas foi adicionado.

(iii) Design do site: se todas as páginas do *website* tiverem o código de acompanhamento, mas a taxa de rejeição ainda for alta, recomenda-se avaliar a possibilidade de:

- Projetar novamente as páginas de entrada (ou de destino);
- Otimizar essas páginas para que elas tenham uma melhor correlação com os termos de pesquisa que atraem usuários ao site, com os anúncios que são exibidos ou com as palavras-chave que são compradas;
- Alterar os anúncios ou as palavras-chave para refletir melhor o conteúdo da página.

Recomenda-se fazer experiências com alterações em todo o site para otimizá-lo com experiências de conteúdo.

(iv) Comportamento do usuário: outros fatores podem ser atribuídos somente ao comportamento do usuário. Por exemplo, se um usuário adicionar uma página como favorita no seu site, acessá-la e sair, considera-se uma rejeição.

Como o design de um *website* e a implementação do *Google Analytics* podem afetar a taxa de rejeição, melhorá-la requer alterações específicas e personalizadas ao site e à configuração. A taxa de rejeição e as maneiras de melhorá-la são tão particulares quanto ao(s) gestor(es) da ferramenta.

Recomenda-se analisar os dados específicos. A taxa de rejeição geral do site inteiro pode variar muito devido a diferentes atividades de marketing que ocorrem simultaneamente. Deve-se considerar a taxa de rejeição para origens de tráfego específicas. O uso de outras dimensões, como mídia, campanha e página de destino, para avaliar a taxa de rejeição também pode ser mais aplicável do que a taxa de rejeição geral.

Deve-se avaliar e ajustar os fatores que podem contribuir para a taxa de rejeição, como layout do site e navegação. Recomenda-se usar apenas o desempenho passado como rubrica e tentar melhorar a taxa de rejeição atual relativa aos dados anteriores. Deve-se dar tempo suficiente entre as alterações para coletar dados suficientes para avaliar o impacto delas nos usuários e nos seus comportamentos (*Google Analytics*, 2015).

(e) Pesquisa orgânica

O *Google Analytics* separa o tráfego que chega ao *website* (ferramenta) por meio do resultado de um mecanismo de pesquisa do fluxo que chega através de outros canais de referência, como publicidade paga ou outro site com um link para a ferramenta. Nos relatórios do *Google Analytics* produzidos na ferramenta, esse segmento de fluxo é chamado de tráfego de pesquisa orgânica.

O *Google Analytics* reconhece automaticamente os mecanismos de pesquisa mais populares e atribui o tráfego a essas origens. O fluxo que chegar à ferramenta por meio de um dos mecanismos de pesquisa padrão será exibido como tráfego de pesquisa orgânica nos relatórios. O fluxo que chegar ao *website* através de um mecanismo de pesquisa não incluído nessa lista será considerado como tráfego de referência (não como tráfego de pesquisa orgânica) nos relatórios.

Pode-se adicionar, excluir e reordenar a lista de mecanismos de pesquisa reconhecidos para alterar a forma com que a pesquisa orgânica é atribuída na conta e com que os dados são exibidos nos relatórios.

O *Google Analytics* atribui o tráfego de entrada a uma origem. A pesquisa orgânica é atribuída ao primeiro mecanismo de pesquisa na lista da ferramenta que corresponde ao nome do domínio e ao parâmetro de consulta do usuário recebido. Por exemplo, se o *google.com* for listado primeiro e *images.google.com* depois (e ambos os sites usarem o mesmo parâmetro de consulta), todas as pesquisas geradas em *images.google.com* serão atribuídas a *google.com*. Para alterar essa atribuição, pode-se reordenar esses mecanismos de pesquisa na lista para priorizar como as sessões são atribuídas. Nesse exemplo, seria possível listar

images.google.com antes de *google.com* para que as pesquisas fossem atribuídas de forma adequada.

Também é possível remover mecanismos de pesquisa dessa lista. O fluxo proveniente de qualquer mecanismo de pesquisa que for removido será exibido como tráfego de referência, em vez de tráfego de pesquisa orgânica.

Se um mecanismo de pesquisa que se sobrepõe a outro nesta lista for controlado e eles usarem o mesmo parâmetro de consulta, também é possível evitar essa situação alterando o parâmetro de pesquisa para algo único (*Google Analytics*, 2015).

(f) Indicador página/sessão

A referência página/sessão é a razão aritmética entre a quantidade de visualizações de páginas com o número de sessões. Esta análise serve apenas como um indicador na medição dos resultados gerados pela ferramenta.

(g) Quantidade de visualizações máximas em um dia no período de medição de resultados

A verificação das visualizações máximas em um dia no período de medição de resultados é feita por meio do software *JetPack* instalado na ferramenta. Este software apresenta um gráfico de acessos feitos à ferramenta diariamente, portanto é possível determinar os picos de acessos de acordo com os dias da semana.

(h) Localização dos acessos à ferramenta

Utilizando o *Google Analytics* (2015) também é possível obter a localização dos acessos à ferramenta por meio do painel de controle instalado na própria ferramenta. O *Google Analytics* apresenta a quantidade de acessos feitos à ferramenta por um determinado país.

(i) Referências à ferramenta

Utilizando o *Google Analytics* também é possível obter as referências à ferramenta por meio do painel de controle instalado no *website*. Em outras palavras, é possível rastrear por onde os usuários da ferramenta descobriram a própria ferramenta desenvolvida neste trabalho.

APÊNDICE E – Blocos Cerâmicos

A indústria cerâmica é uma das mais antigas do mundo. No período neolítico (entre 12000 a 4000 a.C.), a necessidade de armazenar alimentos levou o homem à criação de componentes de barro secos naturalmente e, posteriormente, à fabricação de cerâmicas cozidas. No Egito, há cerca de 3000 a.C., já era utilizada a cerâmica vidrada. A cerâmica branca data do século XVIII, na Europa Central (IBRACON, 2010).

As cerâmicas são obtidas a partir de uma massa a base de argila, submetida a um processo de secagem lenta e, após a retirada de grande parte da água, cozida em temperaturas elevadas. Um dos critérios mais tradicionais para classificação das cerâmicas é a cor da massa, que pode ser branca ou vermelha. As cerâmicas vermelhas são provenientes de argilas sedimentares, com altos teores de compostos de ferro, responsáveis pela cor avermelhada após a queima. São utilizadas na fabricação de diversos componentes de construção, tais como tijolos maciços, blocos cerâmicos, telhas, tubos cerâmicos, dentre outros (IBRACON, 2010).

O setor industrial responsável pela fabricação da cerâmica vermelha no Brasil possui grande importância, em função da grande quantidade de produtos utilizados na construção civil. Segundo a Associação Nacional da Indústria Cerâmica (ANICER, 2010), a Indústria de Cerâmica Vermelha corresponde a 4,8% da Indústria de Construção Civil, totalizando cerca de 7.400 empresas, e consome cerca de 10.300.000 toneladas de argila por mês (IBRACON, 2010).

(E.A) NORMAS UTILIZADAS

As normas utilizadas nos ensaios de blocos cerâmicos realizados na Universidade de Brasília (disciplina de Materiais de Construção Experimental I) estão apresentadas na Tabela E.1.

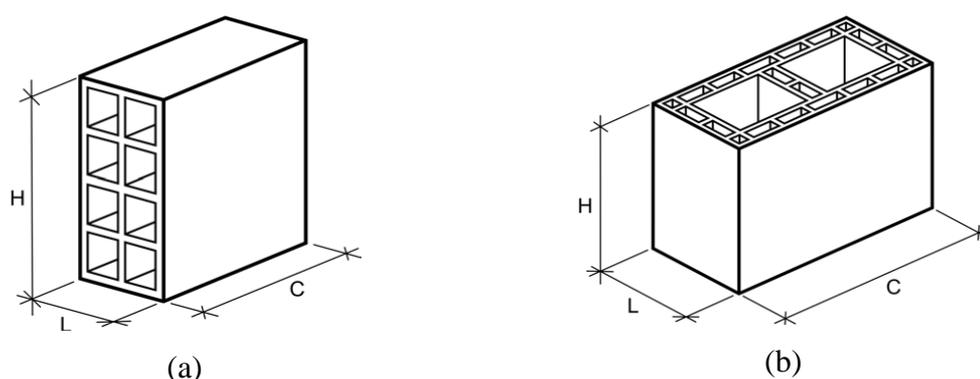
Tabela E.1 – Normas utilizadas no ensaio de blocos cerâmicos

Norma	Conteúdo
ABNT NBR 15270-1/05	Terminologias e Requisitos
ABNT NBR 15270-3/05	Método de Ensaio

(E.B) DESCRIÇÃO DOS CONCEITOS E ENSAIOS REALIZADOS EM LABORATÓRIO

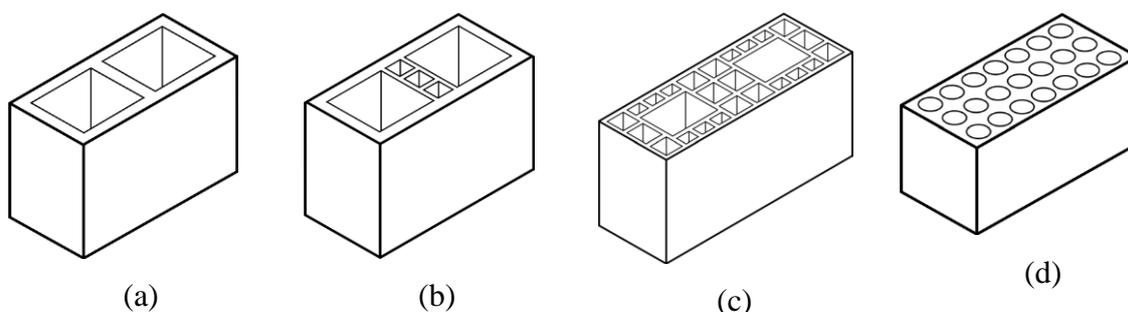
• DEFINIÇÕES (ABNT NBR 15270/2005)

Bloco cerâmico para vedação: são alvenarias externas ou internas que não têm a função de resistir carregamentos além do seu peso próprio. Apresenta-se na Figura E.1 exemplos de blocos cerâmicos de vedação.



Fonte: ABNT NBR 15270/2005

Bloco cerâmico estrutural: tem a função de suportar as cargas previstas em uma alvenaria estrutural (não armada, armada ou protendida) e seus furos são posicionados no sentido vertical. Os blocos estruturais são classificados em três categorias: blocos com paredes maciças, blocos com paredes vazadas e blocos perfurados. Apresenta-se na Figura E.2 exemplos de blocos cerâmicos estruturais.



Fonte: ABNT NBR 15270/2005

• **IDENTIFICAÇÃO (ABNT NBR 15270/2005)**

O bloco cerâmico de vedação deve trazer, obrigatoriamente, a identificação do fabricante e do bloco - em baixo relevo. Deverá constar: (a) identificação da empresa; (b) dimensões de fabricação, na sequência largura (L), altura (H) e comprimento (C), na forma (L x H x C), podendo ser suprimida a inscrição da unidade de medida em centímetros. Para execução da inspeção geral adota-se: amostragem simples para identificação. O não atendimento da identificação em qualquer corpo de prova é suficiente para rejeição do lote. Apresenta-se na Tabela E.2 e na Tabela E.3 dados sobre a inspeção geral de blocos cerâmicos.

Tabela E.2 – Inspeção geral: características visuais - número de blocos dos lotes e da amostragem

Lotes	Número de Blocos	
	1ª Amostragem ou Amostragem Simples	2ª Amostragem
1000 a 100 000	13	13

Fonte: ABNT NBR 15270/05

O bloco cerâmico de vedação não deve apresentar defeitos sistemáticos, tais como quebras, superfícies irregulares ou deformações que impeçam o seu emprego na função especificada. Para execução da inspeção geral adota-se: amostragem dupla para características visuais.

Tabela E.3 – Inspeção Geral: Identificação - número de blocos dos lotes e da amostragem

Lotes	Número de Blocos	
	1ª Amostragem ou Amostragem Simples	2ª Amostragem
1000 a 100 000	13	13

Fonte: ABNT NBR 15270/05

Apresenta-se na Tabela E.4 os critérios de aceitação ou rejeição de lotes com relação à inspeção geral de blocos cerâmicos.

Tabela E.4 – Critério de aceitação ou rejeição de lotes com relação à inspeção geral

Unidades Não-Conformes			
1ª Amostragem		2ª Amostragem	
Nº de Aceitação	Nº de Rejeição	Nº de Aceitação	Nº de Rejeição
2	5	6	7

Fonte: ABNT NBR 15270/05

No caso de haver rejeição do lote em características visuais, mediante acordo entre fabricante e comprador, pode-se proceder à inspeção de todos os blocos do lote, comprometendo-se o fabricante a repor todos os blocos não conformes. Somente após a aprovação do lote no quesito “Inspeção Geral” é que se realiza a inspeção por ensaios.

• **INSPEÇÃO POR ENSAIOS – CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS (ABNT NBR 15270/2005)**

Medidas das faces (dimensões efetivas). Os blocos devem ser colocados sobre uma superfície plana e indeformável; os valores da largura (L), altura (H) e comprimento (C) são obtidos fazendo-se as medições nos pontos indicados na Figura E.3.

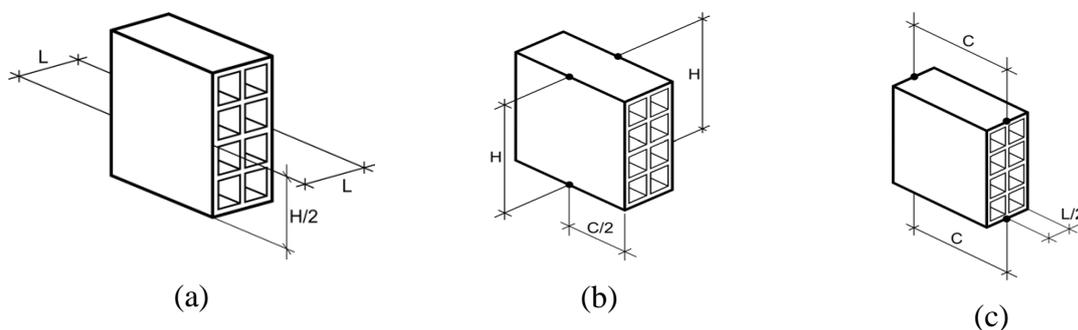


Figura E.3 – (a) medição da largura (L); (b) medição da altura (H); (c) medição do comprimento (C)

Fonte: ABNT NBR 15270/05

Apresentam-se na Tabela E.5 e na Tabela E.6 as tolerâncias dimensionais relacionadas às medições individuais e relacionadas à média das medidas respectivamente.

Tabela E.5 – Características geométricas: tolerâncias dimensionais relacionadas às medições individuais

Grandezas Controladas	Tolerância Individual (mm)
Largura (L)	± 5
Altura (H)	
Comprimento (C)	

Fonte: ABNT NBR 15270/05

Tabela E.6 – Características geométricas: tolerâncias dimensionais relacionadas à média

Grandezas Controladas	Tolerância Individual (mm)
Largura (L)	± 3
Altura (H)	
Comprimento (C)	

Fonte: ABNT NBR 15270/05

Apresentam-se na Tabela E.7 critérios de aceitação e rejeição na inspeção por ensaios de blocos cerâmicos.

Tabela E.7 – Aceitação e rejeição na inspeção por ensaios

No de Blocos Constituintes		
No de Blocos Constituintes	Unidades não-conformes	
Amostragem Simples	Nº para Aceitação do Lote	Nº para Rejeição do Lote
13	2	3

Fonte: ABNT NBR 15270/05

• **ESPESSURA DAS PAREDES EXTERNAS E SEPTOS DOS BLOCOS (ABNT NBR 15270/2005)**

Os corpos de prova devem ser colocados sobre uma superfície plana e indeformável; a espessura das paredes externas deve ser medida no mínimo nos pontos indicados na Figura E.4, buscando o ponto onde a parede apresenta a menor espessura; as medições das espessuras dos septos devem ser obtidas na região central destes, utilizando no mínimo quatro medições, buscando os septos de menor espessura.



Figura E.4 – Posições esquemáticas para as medições da espessura das paredes externas e septos

Fonte: ABNT NBR 15270/05

Requisitos específicos: A espessura dos septos dos blocos cerâmicos de vedação deve ser no mínimo 6 mm e a das paredes externas no mínimo 7 mm. Caso o bloco apresente ranhuras, a medição deve ser feita no interior destas.

Apresenta-se na Tabela E.8 os critérios de aceitação e rejeição com relação à espessura das paredes externas e septos dos blocos cerâmicos.

Tabela E.8 – Espessura das paredes externas e septos dos blocos: aceitação e rejeição na inspeção por ensaios

Nº de Blocos Constituintes	Nº de Blocos Constituintes	
	Unidades não-conformes	
Amostragem Simples	Nº para Aceitação do Lote	Nº para Rejeição do Lote
13	2	3

Fonte: ABNT NBR 15270/05

• **DETERMINAÇÃO DO DESVIO EM RELAÇÃO AO ESQUADRO (ABNT NBR 15270/2005)**

Os corpos de prova devem ser colocados sobre uma superfície plana e indeformável; deve-se medir o desvio em relação ao esquadro (D) entre uma das faces destinadas ao assentamento e a maior face destinada ao revestimento do bloco conforme apresentado na Figura E.5. Utilizar o esquadro metálico e a régua metálica. O desvio em relação ao esquadro deve ser no máximo 3 mm.

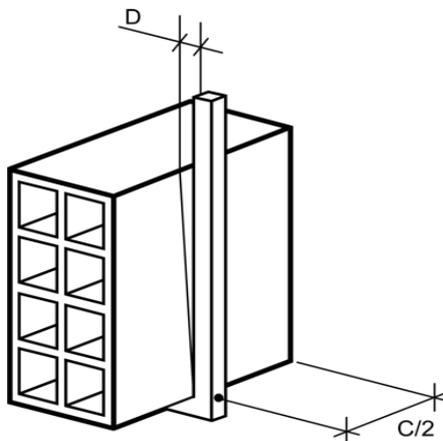


Figura E.5 – Desvio em relação ao esquadro
Fonte: ABNT NBR 15270/05

Apresentam-se na Tabela E.9 os critérios de aceitação e rejeição de blocos cerâmicos com relação ao desvio em relação ao esquadro.

Tabela E.9 – Desvio em relação ao esquadro: aceitação e rejeição na inspeção por ensaios

Nº de Blocos Constituintes		
Nº de Blocos Constituintes	Unidades não-conformes	
	Nº para Aceitação do Lote	Nº para Rejeição do Lote
Amostragem Simples		
13	2	3

Fonte: ABNT NBR 15270/05

• **DETERMINAÇÃO DA PLANEZA DAS FACES OU FLECHA (ABNT NBR 15270/2005)**

Os corpos de prova devem ser colocados sobre uma superfície plana e indeformável. Deve-se determinar a planeza de uma das faces destinadas ao revestimento através da flecha (F) formada na diagonal conforme apresentado na Figura E.6; utilizar o esquadro metálico e a régua metálica; a flecha deve ser no máximo 3 mm.

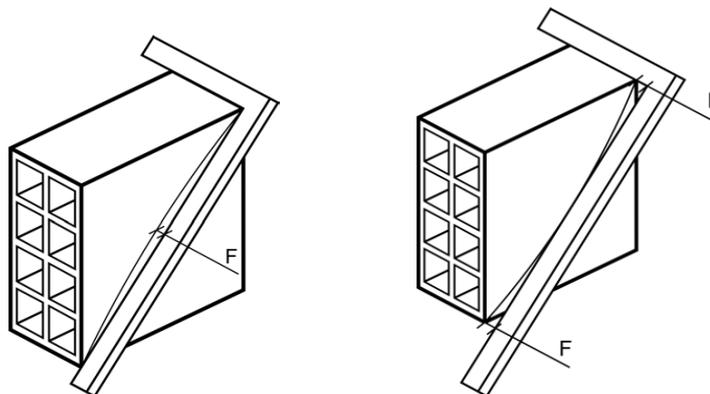


Figura E.6 – Planeza das faces

Fonte: ABNT NBR 15270/2005

Apresentam-se na Tabela E.10 os critérios de aceitação e rejeição de blocos cerâmicos com relação ao desvio em relação à flecha. Apresenta-se na Figura E.7 e na Tabela E.11 um resumo da medição das dimensões, do desvio em relação ao esquadro e da planeza das faces dos blocos cerâmicos e um resumo das tolerâncias das características geométricas dos blocos cerâmicos respectivamente.

Tabela E.10 – Desvio em relação à flecha: aceitação e rejeição na inspeção por ensaios

Nº de Blocos Constituintes		
Nº de Blocos Constituintes	Unidades não-conformes	
	Nº para Aceitação do Lote	Nº para Rejeição do Lote
Amostragem Simples		
13	2	3

Fonte: ABNT NBR 15270/2005

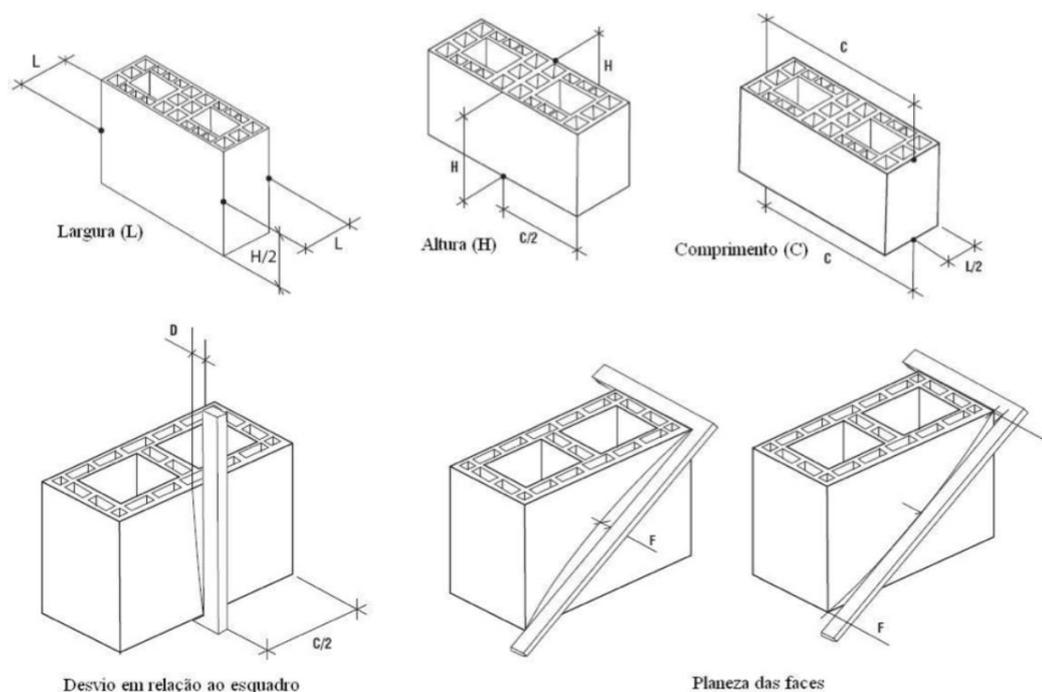


Figura E.7 – Resumo da medição das dimensões, do desvio em relação ao esquadro e da planeza das faces dos blocos cerâmicos

Fonte: ABNT NBR 15270/2005

Tabela E.11 – Resumo das tolerâncias das características geométricas dos blocos cerâmicos

Grandezas Controladas	Tolerância Individual (mm)
Espessuras de Septos	≥ 6
Espessuras de Paredes Externas	≥ 7
Desvio Esquadro	≤ 3
Flecha	≤ 3

Fonte: ABNT NBR 15270/2005

● **CARACTERÍSTICAS FÍSICAS (ABNT NBR 15270/2005)**

Determinação da massa seca (m_s): a amostra é constituída de seis corpos de prova; retirar do corpo de prova o pó e outras partículas soltas; submeter os corpos de prova à secagem em estufa a $(105 \pm 5) ^\circ\text{C}$; determinar a massa individual, em intervalos de 1 h, até que duas

pesagens consecutivas de cada um deles difiram em no máximo 0,25%, pesando-os imediatamente após a remoção da estufa; medir a massa seca (m_s) dos corpos de prova após a estabilização das pesagens, nas condições acima estabelecidas, expressando-as em gramas.

Determinação da massa úmida (m_u): após a determinação da massa seca (m_s), os corpos de prova devem ser colocados em um recipiente de dimensões apropriadas, preenchido com água à temperatura ambiente, em volume suficiente para mantê-los totalmente imersos; o recipiente deve ser gradativamente aquecido até a água no seu interior entrar em ebulição; os corpos de prova devem ser mantidos completamente imersos em água fervente por 2h; o volume de água evaporado deve ser repostado - imersão dos corpos de prova; pode substituir por imersão dos corpos de prova em água à temperatura ambiente durante 24h (havendo divergência no resultado, prevalece o resultado obtido em água fervente). Transcorrido o tempo de imersão de 2h de fervura, deve ser interrompida a operação e os corpos de prova devem ser resfriados via substituição lenta da água quente por água à temperatura ambiente; quando a água do recipiente estiver na temperatura ambiente, os corpos de prova saturados devem ser removidos e colocados em bancada para permitir o escoamento do excesso de água. A água remanescente deve ser removida com o auxílio de um pano limpo e úmido. O tempo decorrido entre a remoção do excesso de água na superfície e o término das pesagens não deve ser superior a 15 min e a massa úmida (m_u), expressa em gramas, é determinada pela pesagem de cada corpo de prova saturado.

Determinação do índice de absorção de água (AA): o índice de absorção de água pode ser determinado utilizando a Equação E.1.

$$AA(\%) = \frac{m_u - m_s}{m_s} \cdot 100$$

Equação E.1 – Índice de absorção de água de blocos cerâmicos

Sendo: m_u = massa úmida (g);

m_s = massa seca (g).

Requisito específico: o índice de absorção d'água não deve ser inferior a 8% nem superior a 22%. ($8\% \leq AA \leq 22\%$).

Apresentam-se na Tabela E.12 os critérios de aceitação ou rejeição de blocos cerâmicos com relação à absorção de água.

Tabela E.12 – Critério de aceitação ou rejeição de blocos cerâmicos com relação à absorção de água

No de Blocos Constituintes	Unidades Não Conformes	
	Nº para Aceitação do Lote	Nº para Rejeição do Lote
Amostragem Simples		
6	1	2

Fonte: ABNT NBR 15270/2005

Resistência à compressão individual (f_b): medir a largura (L), altura (H) e o comprimento (C) dos blocos; regularizar as faces de trabalho dos corpos de prova, utilizando pasta de cimento ou argamassa com resistência superior à resistência do bloco na área bruta (o capeamento deve ser plano e uniforme, não é permitido remendos; a espessura máxima do capeamento é de 3 mm). Após o endurecimento das camadas de capeamento, imergir os corpos de prova em água no mínimo durante 6h (as faces dos corpos de prova podem ser regularizadas com uma retífica, dispensando o capeamento). Os blocos devem ser ensaiados na condição saturada. Todos os corpos de prova devem ser ensaiados de modo que a carga seja aplicada na direção do esforço que o bloco deve suportar durante o seu emprego. Sempre perpendicular ao comprimento e na face destinada ao assentamento; o corpo de prova deve ser colocado na prensa de modo que o seu centro de gravidade esteja no eixo de carga dos pratos da prensa;

Deve-se realizar o ensaio de compressão, regulando os comandos da prensa, de forma que a tensão aplicada, calculada em relação à área bruta se eleve progressivamente à razão de $(0,05 \pm 0,01)$ MPa/s; deve-se utilizar o valor médio de cada uma das dimensões dos blocos medidos; calcular a resistência à compressão (σ) de cada corpo de prova, com aproximação decimal e expressa em megapascal (MPa). Obtida dividindo a carga máxima (F), expressa em newtons (N) pela média das áreas brutas (A) das duas faces de trabalho de cada bloco, expressa em milímetros quadrados (mm^2) conforme apresentado na Equação E.2 e na Figura E.8.

$$\sigma(\text{MPa}) = \frac{F}{A}$$

Equação E.2 – Resistência à compressão de blocos cerâmicos

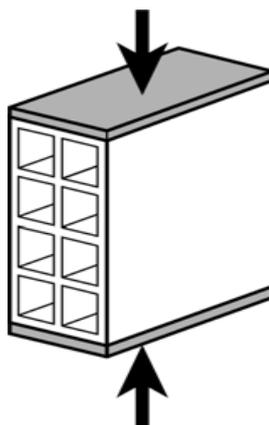


Figura E.8 – Compressão axial do bloco de vedação
Fonte: ABNT NBR 15270/2005

Apresenta-se na Figura E.9 uma foto do ensaio de resistência à compressão de blocos cerâmicos.



Figura E.9 – Ensaio de resistência à compressão de um bloco cerâmico
Fonte: Acervo do autor

Apresenta-se na Tabela E.13 e na Tabela E.14 os valores de tolerância para resistência à compressão de blocos cerâmicos e os critérios de aceitação e rejeição com relação a resistência à compressão respectivamente.

Tabela E.13 – Tolerância para resistência à compressão de blocos cerâmicos

Posição dos Furos	f_b (MPa)
Para Blocos com Furos na Horizontal	$\geq 1,5$
Para Blocos com Furos na Vertical	$\geq 3,0$

Fonte: ABNT NBR 15270/2005

Tabela E.14 – Aceitação e rejeição com relação à resistência à compressão de blocos cerâmicos

Nº de Blocos Constituintes		
Nº de Blocos Constituintes	Unidades não-conformes	
	Nº para Aceitação do Lote	Nº para Rejeição do Lote
Amostragem Simples		
13	2	3

Fonte: ABNT NBR 15270/2005

(E.C) APLICAÇÃO NA FERRAMENTA DESENVOLVIDA

A aplicação da ferramenta proposta pode ser demonstrada na Figura E.10 e na Figura E.11.

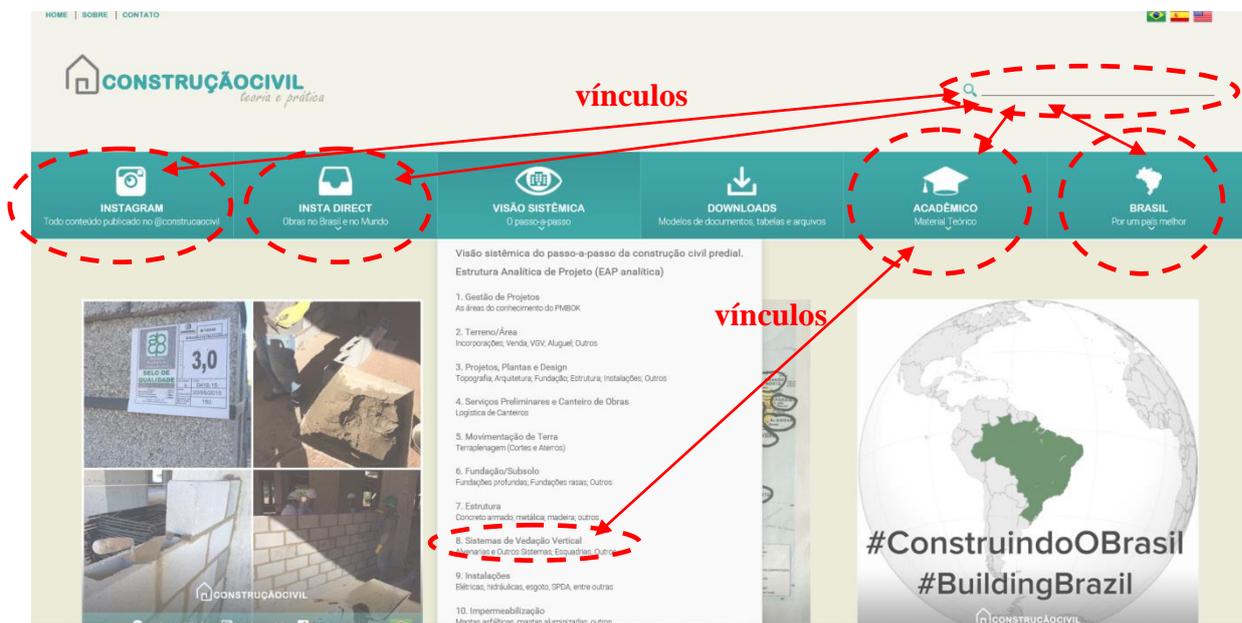


Figura E.10 – Demonstração dos vínculos entre a teoria acadêmica com a prática profissional para blocos cerâmicos

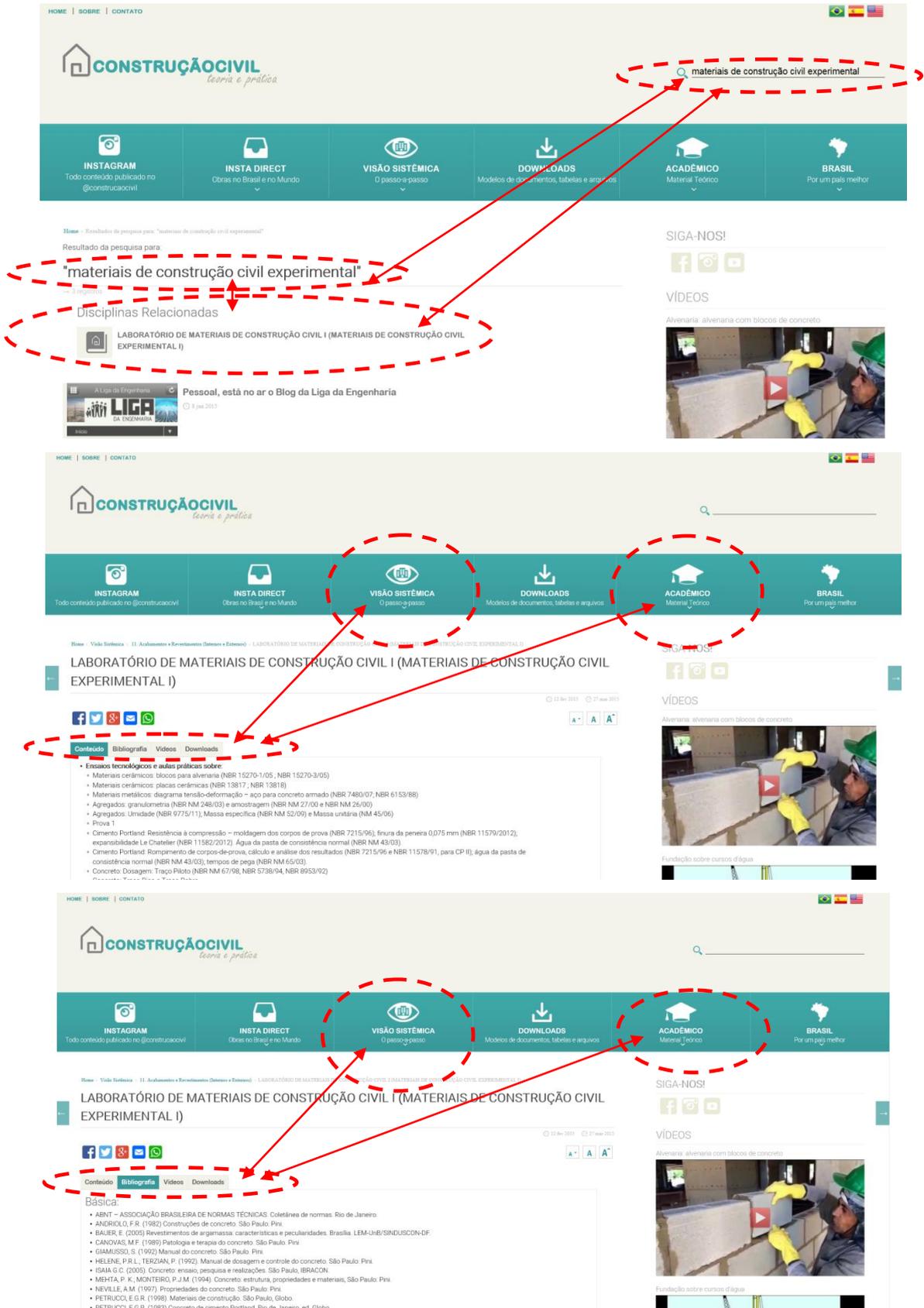


Figura E.11 – Demonstração dos vínculos entre a teoria acadêmica com a prática profissional para blocos cerâmicos

APÊNDICE F – Placas Cerâmicas

As placas cerâmicas são largamente utilizadas como revestimentos de pisos, paredes e fachadas de edifícios. Apresenta-se na Figura F.1 um sistema de revestimento em pisos e paredes conforme apresentado por Weber (2015).



Figura F.1 – Sistema de revestimento em pisos e paredes

Fonte: Weber, 2015

O revestimento de um piso ou de uma parede deve ser tratado como um sistema, composto pelo conjunto do revestimento cerâmico (placa cerâmica; argamassa colante e argamassa de rejuntamento) e por todas as camadas anteriores até a base.

O revestimento cerâmico constitui-se de um sistema em que a qualidade de seu funcionamento depende basicamente: a) da qualidade da base ou substrato; b) da qualidade do chapisco; c) da qualidade da placa em função do local de uso; d) da correta especificação de todo o sistema; e) do correto assentamento. Este último envolve: correta preparação e aplicação da argamassa de assentamento, correta especificação da argamassa de rejunte e mão-de-obra adequadamente treinada. Para um bom resultado, os cinco elementos devem manter níveis de qualidade mínimos exigidos em norma (IBRACON, 2010).

A indústria de revestimentos cerâmicos brasileira tem feito investimentos significativos em modernidade, qualidade e serviços de atendimento ao consumidor, mostrando-se como um setor de forte atualização tecnológica e de alto padrão de qualidade. A certificação da qualidade dos produtos, feitas pelo Centro Cerâmico do Brasil (CCB/INMETRO) por meio da norma NBR 13818 (ABNT, 1997), atinge atualmente mais de 50% da produção brasileira, revelando o dinamismo na busca da qualidade e do design. Todos esses fatores associados colocaram o Brasil em 2009 como o segundo maior produtor mundial de revestimento cerâmico, atrás da China e a frente da Itália e Espanha (IBRACON, 2010).

Os revestimentos cerâmicos são perfeitamente adequados ao clima brasileiro. Além disso, existe uma característica relacionada com a facilidade de limpeza que, se corretamente especificada de acordo com os ambientes, torna sua manutenção simples. Isso proporciona uma outra vantagem desse produto, tornando-o antialérgico. Nesse caso, deve-se lembrar que cerca de 15% da população sofrem de algum tipo de alergia, e especificar produtos antialérgicos nos ambientes domésticos passa a ser imperativo. Os revestimentos cerâmicos, se bem especificados em função do local de uso e bem assentados, apresentam excelente durabilidade, pois são materiais considerados inertes. Também, podem proteger as estruturas dos edifícios com relação a incêndio, pois são materiais não inflamáveis e de baixa condutibilidade térmica. Apresentam, ainda, diversas possibilidades de decoração e design aliadas ao baixo custo (IBRACON, 2010).

Como nos demais materiais, algumas patologias podem ocorrer no revestimento cerâmico. As mais comuns são o destacamento, o escurecimento e o aparecimento de eflorescências. O destacamento, quando ocorre, pode ser devido a falhas no assentamento, ausência de garras de fixação (tardoiz liso), à expansão por umidade ou mesmo à ausência de juntas de expansão. O

escurecimento ocorre devido à absorção de água nas cerâmicas não esmaltadas que apresentam alta porosidade. A eflorescência ocorre devido à penetração de água da chuva pelo rejuntamento, à ascensão da água pelo piso ou mesmo ao vazamento em tubulações hidráulicas, solubilizando sais solúveis ou cal da massa de emboço ou do assentamento de piso, ocasionando o depósito de sais na superfície de placas cerâmicas. Na realidade, a placa cerâmica é vítima e não causa da patologia. A maneira de evitar o seu aparecimento é prevenir a infiltração e cuidar detidamente da impermeabilização.

Apresentam-se na Tabela F.1 as classes de abrasão (PEI) e os respectivos tipos de ambiente para placas esmaltadas. É importante salientar que essa indicação do PEI, associada ao ambiente, deve ser realizada apenas após a especificação da absorção de água em placas. Jamais deve ser a única especificação dentre todas as outras propriedades e exigências a que as placas poderão estar submetidas e que devem, também, serem especificadas (IBRACON, 2010).

Tabela F.1 – Classes de abrasão e tipos de ambientes para placas esmaltadas

Classes de Abrasão	Nível de resistência	Tipo de Ambiente
PEI – 0	baixíssima	Paredes (desaconselhável para piso)
PEI – 1	baixa	Banheiros residenciais, quartos de dormir
PEI – 2	média	Ambientes sem porta para o exterior e banheiros
PEI – 3	média alta	Cozinhas residenciais, corredores, hall e sacadas residenciais
PEI – 4	alta	Hotéis, <i>showrooms</i> , salões de vendas, ambientes públicos sem portas para fora
PEI – 5	altíssima e sem encardido*	Shoppings, aeroportos, passagens públicas, padarias e lanchonetes, ambientes públicos com porta para fora.

* Como os esmaltes são fundidos sobre a placa, estes podem apresentar microbolhas em seu interior. Quando as placas forem submetidas ao desgaste, as microbolhas podem se abrir e permitir a entrada de sujeira, encardindo a placa. Isso cria as chamadas “trilhas de circulação”. Nos esmaltes com PEI-5, a presença de microbolhas é proibida por norma.

Fonte: Revista Show Room (2003)

(F.A) NORMAS UTILIZADAS

As normas utilizadas nos ensaios de placas cerâmicas realizados na Universidade de Brasília (disciplina de Materiais de Construção Experimental I) estão apresentadas na Tabela F.2.

Tabela F.2 – Normas utilizadas nos ensaios de placas cerâmicas

Norma	Conteúdo
ABNT NBR 13817/1997	Placas cerâmicas para revestimento – Classificação
ABNT NBR 13818/1997	Placas cerâmicas para revestimento - Especificação e método de ensaio

(F.B) DESCRIÇÃO DOS CONCEITOS E ENSAIOS REALIZADOS EM LABORATÓRIO

• CLASSIFICAÇÃO (ABNT NBR 13817/1997)

As placas cerâmicas para revestimentos podem ser classificadas segundo os seguintes critérios: (a) esmaltadas (*glazed* – GL) e não esmaltadas (*unglazed* – UGL); (b) métodos de fabricação: extrudado (A), prensado (B) e outros(C); (c) grupos de absorção de água: as placas cerâmicas para revestimento estão agrupadas segundo apresentado na Tabela F.3.

Tabela F.3 – Grupos de Absorção de Água

Grupos	Absorção de água (%)
Ia	$0 < \text{Abs} \leq 0,5$ (Porcelanato)
Ib	$0,5 < \text{Abs} \leq 3,0$ (Grés)
IIa	$3,0 < \text{Abs} \leq 6,0$ (Semigrés)
IIb	$6,0 < \text{Abs} \leq 10,0$ (Semiporoso)
III	Abs acima de 10,0 (Poroso)

Fonte: ABNT NBR 13817/1997

Por exigência de norma, deve constar na embalagem o Grupo de Absorção de água e o fabricante é obrigado a cumprir a resistência mecânica associada ao grupo de absorção. Nas tabelas de especificação, conforme a ABNT NBR 13818/1997, deve-se usar um código constituído pelo método de fabricação (A, B e C), acrescido do grupo de absorção (I, II ou III), utilizando subgrupos (a, b ou c). Apresenta-se na Tabela F.4 a codificação dos grupos de absorção de água em função dos métodos de fabricação.

Tabela F.4 – Codificação dos grupos de absorção de água em função dos métodos de fabricação

Absorção de água (%)	Método de fabricação		
	Extrudado (A)	Prensado (B)	Outros
$Abs \leq 0,5$	AI	BIa	CI
$0,5 < Abs \leq 3,0$		BIb	
$3,0 < Abs \leq 6,0$	AIIa	BIIa	CIIa
$6,0 < Abs \leq 10,0$	AIIb	BIIb	CIIb
Abs acima de 10,0	AIII	BIII	CIII

Fonte: ABNT NBR 13817/1997

• **DEFINIÇÕES (ABNT NBR 13817/1997)**

Lote: quantidade de placas fabricadas por um mesmo fabricante, com propriedades e referências uniformes pela declaração nas embalagens. Pedido: quantidade de placas pedidas de uma só vez, sendo que um pedido pode estar formado por um ou mais lotes. Amostra: quantidade de placas a serem ensaiadas de um mesmo lote.

• **IDENTIFICAÇÃO NAS EMBALAGENS (ABNT NBR 13818/1997)**

Marca do fabricante ou marca comercial e país de origem; tipo de placa cerâmica (grupo de classificação) e referência à esta norma; tamanho nominal (N), dimensão de fabricação (W) e formato modular (M); natureza da superfície: GL – esmaltado ou UGL – não esmaltado; informação sobre a classe de abrasão (para as placas cerâmicas esmaltadas usadas como pavimentos; nome ou código de fabricação do produto; referência de tonalidade do produto; código de rastreamento (ex. data de fabricação, turno, lote de fabricação, etc.); número de peças; metros quadrados que cobrem, sem juntas; especificação de junta pelo fabricante.

• **ANÁLISE VISUAL E CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS**

Defeitos visuais: de superfície; diferença de tonalidade.

(a) Dimensões: comprimento e largura das placas; dimensão nominal (N); dimensão de fabricação (W); média dos lados de 10 placas (R); média do lado de uma placa (r).

(b) Forma: Ortogonalidade dos lados; retitude dos lados; planaridade (curvatura central, curvatura lateral e empeno).

• **ENSAIOS FÍSICOS**

Absorção de água (NBR 13818/1997, Anexo B, páginas 11 a 13); carga de ruptura e módulo de resistência à flexão (NBR 13818/1997, Anexo C, páginas 14 a 17); abrasão superficial (esmaltados) e profunda (não esmaltados); gretamento; expansão por umidade e dureza Morsh.

• **ABSORÇÃO DE ÁGUA**

Amostra: 10 placas; determinado a partir do anexo U da norma técnica NBR 13818/1997, páginas 69 e 70 que se baseia em placas cerâmicas que contém mais de 57 cm².

Procedimento: secar os CP na estufa; resfriar no dessecador; determinar a massa m_1 , imergir os CP verticalmente no recipiente para imersão; ferver durante 2h; esperar os CP entrarem em equilíbrio com a temperatura ambiente; enxugar ligeiramente o CP; pesar os CP e obter m_2 . Apresenta-se na Equação F.1 o cálculo da absorção de água (Abs) em placas cerâmicas.

$$Abs = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \cdot 100$$

Equação F.1 – Absorção de água em placas cerâmicas

Apresenta-se na Figura F.2 uma ilustração do ensaio de determinação de absorção de água em placas cerâmicas. Um exemplo de dados obtidos no ensaio de absorção de água em placas cerâmicas é apresentado na Tabela F.5.

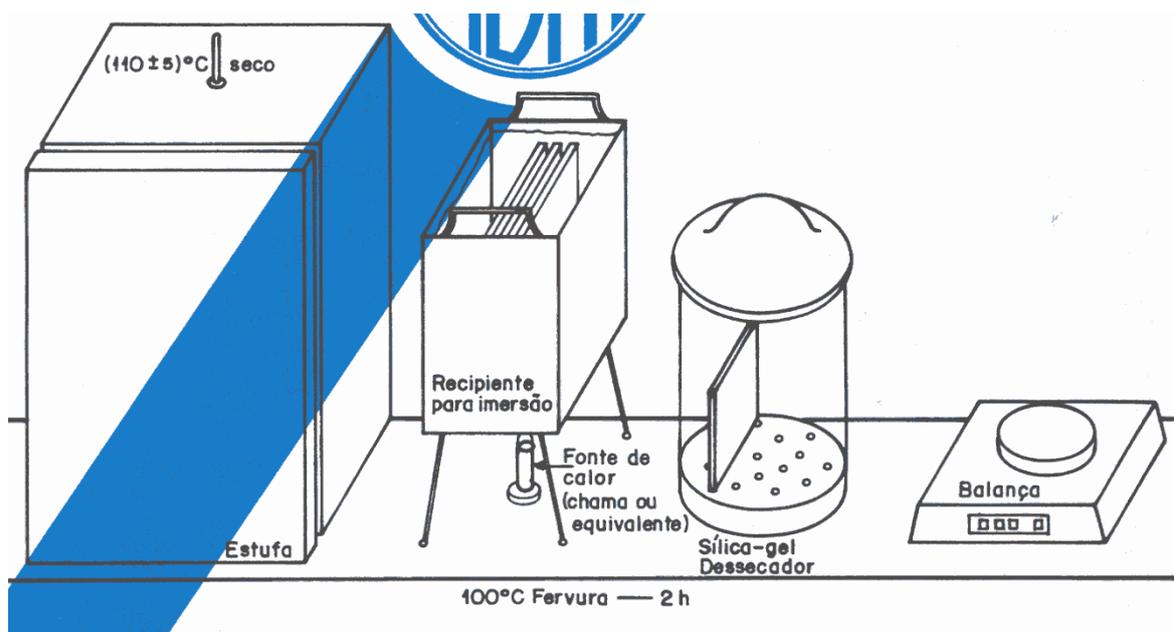


Figura F.2 – Figura ilustrativa do ensaio de determinação da absorção de água em placas cerâmicas

Fonte: ABNT NBR 13818/1997

Tabela F.5 – Exemplos de dados do ensaio de absorção de água

Corpo de Prova	Massa seca (g)	Massa Úmida (g)	Abs (%)
1	410,06	478,08	14,23
2	423,14	491,57	13,92
3	423,90	492,24	13,88
4	412,74	478,76	13,79
5	421,23	487,42	13,58
6	431,31	503,83	14,39
7	430,28	498,22	13,64
8	416,49	485,97	14,30
9	442,24	513,32	13,85
10	425,44	497,51	14,49
Média			14,00

Utilizando a Tabela F.5 e de acordo com os dados apresentados anteriormente, temos no exemplo acima que as placas cerâmicas testadas são do Grupo III. Sabendo que o processo de fabricação foi prensado, para a determinação do tipo de placa, usamos a NBR 13817/1997 (Item 3.3). Portanto, temos um tipo BIII.

• **ENSAIOS FÍSICOS: CARGA DE RUPTURA E MÓDULO DE RESISTÊNCIA À FLEXÃO**

A amostragem foi definida conforme apresentado no Anexo C, da NBR 13818/1997. Como o comprimento da placa cerâmica está entre 18 e 48 mm, tem-se uma amostra com 10 placas cerâmicas. Apresenta-se na Figura F.3 um modelo do aparelho para determinar o módulo de resistência à flexão e a carga de ruptura de placas cerâmicas.

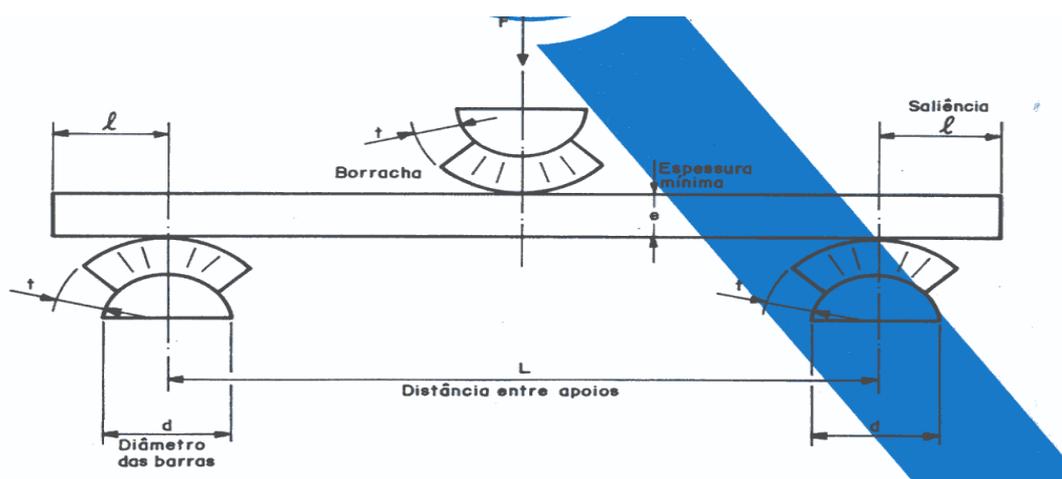


Figura F.3 – Aparelho para determinar o módulo de resistência à flexão e a carga de ruptura de placas cerâmicas

Fonte: ABNT NBR 13818/1997

Cálculo da carga de ruptura (Equação F.2): CR = a carga de ruptura, em N; F = força de ruptura, em N; L = a distância entre as barras de apoio. Da prensa do LEM (UnB): L = 97,55 mm; b = a largura do corpo de prova, em mm.

$$CR = \frac{F \cdot L}{b}$$

Equação F.2 – Carga de ruptura em placas cerâmicas

Módulo de resistência à flexão (Equação F.3): MRF = modulo de resistência a flexão, em MPa; F, L e b = definidos anteriormente no cálculo da carga de ruptura; e = a mínima espessura do corpo de prova, em mm.

$$MRF = \frac{3 \cdot F \cdot L}{2 \cdot b \cdot e^2}$$

Equação F.3 – Módulo de resistência à flexão de placas cerâmicas

Apresenta-se na Figura F.4 exemplos dos ensaios realizados em placas cerâmicas.



Figura F.4 – Ensaios realizados em placas cerâmicas

Fonte: Acervo do autor

Apresentam-se na Tabela F.6 exemplos de dados do ensaio de carga de ruptura e módulo de resistência à flexão de placas cerâmicas.

Tabela F.6 – Dados do ensaio de carga de ruptura e módulo de resistência à flexão

Corpo de Prova	Largura (mm)	Espessura (mm)	Força (N)	Carga de Ruptura (N)	Módulo de Resistência à Flexão (MPa)
1	73,45	6,45	480	637,49	22,99
2	72,91	6,86	500	668,97	21,32
3	73,68	6,98	550	728,18	22,42
4	79,27	6,82	550	676,83	21,83
5	73,23	7,03	510	679,10	20,61
6	78,17	7,10	540	673,88	20,05
7	79,80	7,23	580	709,01	20,35
8	77,89	7,12	430	538,54	15,93
9	77,28	7,08	460	580,65	17,38
10	77,18	6,97	390	492,93	15,22

Observando-se valores apresentados na NBR 13818/1997, percebe-se que para espessuras menores que 7,5mm, a carga de ruptura deve ser maior que 200 N e o módulo de resistência à flexão deve ser maior que 12 MPa para classificação tipo BIII.

O Anexo U da NBR 13818/1997 determina os critérios de aprovação. Para o lote ser aprovado, nenhum bloco da amostra deve estar fora da margem de segurança determinada anteriormente e para ser reprovado são necessários dois blocos não conformes. Apresenta-se na Tabela F.7 a classificação das placas cerâmicas quanto à absorção de água, carga de ruptura e módulo de resistência à flexão.

Tabela F.7 – Classificação das placas cerâmicas quanto à absorção de água, carga de ruptura e módulo de resistência à flexão

Codificação	Absorção de água (%)	Carga de ruptura (N)		Mod. Resist. flexão ; Valor médio - MPa
		e ≥ 7,5 mm	e < 7,5 mm	
AI	≤ 3	≥ 1100	≥ 600	≥ 23
AIIa	3 < abs ≤ 6	≥ 950	≥ 600	≥ 20
AIIb	6 < abs ≤ 10	≥ 900		≥ 17,5
AIII	10 > abs	≥ 600		≥ 8
BIa	≤ 0,5	≥ 1300	≥ 700	≥ 35
BIIb	0,5 < abs ≤ 3	≥ 1100	≥ 700	≥ 30
BIIa	3 < abs ≤ 6	≥ 1100	≥ 600	≥ 22
BIIb	6 < abs ≤ 10	≥ 800	≥ 500	≥ 18
BIII	10 > abs	≥ 600	≥ 200	≥ 15 para e ≥ 7,5 mm ≥ 12 para e < 7,5 mm

Fonte: ABNT NBR 13818/1997

(F.C) APLICAÇÃO NA FERRAMENTA

A aplicação da metodologia proposta pode ser demonstrada na Figura F.5.

HOME | SOBRE | CONTATO

CONSTRUÇÃO CIVIL
teoria e prática

INSTAGRAM
Todo conteúdo publicado no @construcaoocivil

INSTA DIRECT
Obras no Brasil e no Mundo

VISÃO SISTÊMICA
O passo a passo

DOWNLOADS
Modelos de documentos, tabelas e arquivos

ACADÊMICO
Material Técnico

BRASIL
Por um país melhor

Home > Vidas > 11 Acabamentos > Revestimentos (Tectos e Parede) - Dica sobre placas cerâmicas de revestimentos (pisos e paredes)

Dica sobre placas cerâmicas de revestimentos (pisos e paredes)

19 set 2014 18 de 2017

f t g+ w

 Dica sobre placas cerâmicas de revestimentos (pisos e paredes) lembrem-se sempre de verificar o PEI da cerâmica que você está comprando. O PEI é a resistência à abrasão ("riscamento") superficial do revestimento cerâmico. No mercado Brasileiro, o PEI varia de 0 (baixo nível de resistência superficial) a 5 (alto nível de resistência superficial). Portanto, NUNCA coloquem uma cerâmica PEI-0 em um ambiente de muito fluxo pois ela riscará com facilidade em pouco tempo, estragando assim o aspecto daquele ambiente. // Tips about ceramic tiles (used on floors and walls): always remember to verify the tile's PEI. The PEI measures the scratch resistance of the tiles. In the Brazilian market, the PEI varies from 0 (low scratch resistance) to 5 (high scratch resistance). Therefore, NEVER choose a PEI-0 tile to use in a place with intense people flow because it will scratch easily and ruin the aspect of the environment.

Ver no Instagram

Produto	Descrição
1	...
2	...
3	...
4	...
5	...
6	...
7	...
8	...
9	...
10	...

#ceramicas #ceramictiles #construcao #construcaoocivil #construction #dicas #pei #placasceramicas #revestimento ceramic #revestimentos #tiles #tips

SIGA-NOS!
f t g+ w

VÍDEOS

Exemplos de fundação utilizando estacas pré-moldadas



Slab jacking (nivelamento de laje compida)

Figura F.5 – Demonstração da ferramenta para placas cerâmicas

APÊNDICE G– Aço para concreto armado

Há mais de uma década, os fabricantes nacionais de vergalhões desenvolveram o processo de fabricação do CA-50 soldável produzido em “leito de barras”, ou seja, laminados na forma de barras retas. O desenvolvimento do CA-50 soldável produzido na forma de barras retas foi feito para todas as bitolas comercializadas, de 6,3 mm a 32,0 mm. Há cerca de três anos, foi desenvolvido por um produtor nacional o CA-50 soldável na forma de rolos. Nesse caso, o desenvolvimento foi feito para bitolas finas e médias, 6,3 mm, 8,0 mm, 10,0 mm e 12,5 mm, cujas bitolas representam cerca de 80% do consumo nacional de barras retas e rolos de CA-50 no Brasil.

Em ambos os casos (laminação de barras ou laminação de rolos) o processo de fabricação do CA-50 soldável consiste, basicamente, no resfriamento controlado utilizando água, durante a laminação da superfície do material, ao passo que, no processo de fabricação do CA-50 não soldável, é aplicado o processo de resfriamento ao ar.

O Carbono equivalente (característica que define a soldabilidade de um aço) do CA-50 soldável é aproximadamente, 2/3 do Carbono equivalente do CA-50 convencional. Apresenta-se na Tabela G.1 a situação atual, no Brasil, em termos de processos de fabricação de CA-50, por produtor e por faixa de bitolas (IBRACON, 2010).

Tabela G.1 – Processos de produção de CA-50 no Brasil

CA-50 soldável	CA-50 soldável produzido em rolo		CA-50 não soldável produzido em rolo	
Todos os produtores	Um produtor fabrica CA 50 soldável em rolo nas bitolas 6,3 a 12,5 mm.	Demais produtores não produzem soldável em rolo	Um produtor produz nas bitolas de 6,3 a 16,0 mm	Demais produtores produzem nas bitolas 6,3 a 12,5 mm

Obs.: O processo de fabricação do CA-50 soldável, em todas as situações acima citadas, é via tratamento térmico: resfriamento controlado utilizando água.

Fonte: IBRACON (2010)

O desenvolvimento recente, no Brasil, do vergalhão categoria CA-50 soldável, CA 50-S, na forma de rolo, permitiu o pleno desenvolvimento de armaduras soldadas no país. A utilização de máquinas e robôs de soldagem, em substituição à soldagem manual, é cada vez mais

intensa, principalmente na Europa. Alguns desses equipamentos já estão sendo utilizados em centrais de Corte e Dobra nacionais, e o caminho europeu está sendo seguido pelo Brasil (IBRACON, 2010).

(G.A) NORMAS UTILIZADAS

As normas utilizadas nos ensaios de aço para concreto armado realizados na Universidade de Brasília (disciplina de Materiais de Construção Experimental I) estão apresentadas na Tabela G.2.

Tabela G.2 – Normas utilizadas nos ensaios de aço para concreto armado

Norma	Conteúdo
ABNT NBR 7480/07	Aço destinado a armaduras para estruturas de concreto armado - Especificação.
ABNT NBR 6153/88	Produto metálico – ensaio de dobramento semiguiado – método de ensaio.
NBR ISO 6892-1/13	Materiais metálicos — Ensaio de Tração Parte 1: Método de ensaio à temperatura ambiente.

(G.B) DESCRIÇÃO DOS CONCEITOS E ENSAIOS REALIZADOS EM LABORATÓRIO

• CLASSIFICAÇÃO (ABNT NBR 7480/07)

Barras: diâmetro nominal > 6,3 mm: obtidos por laminação a quente. São os aços categoria CA 50 e CA 25 (Bitolas: 6,3 – 8,0 – 10,0 – 12,5 - 16,0 – 20,0 – 25,0 – 32,0 mm).

Fios: diâmetro nominal < 10 mm: obtidos por trefilação ou laminação a frio. São aços de categoria CA 60 (Bitolas 3,2 - 4,2 – 5,0 – 6,0 – 7,0 – 8,0 – 9,5 mm).

CA-25, CA-50 e CA-60 (CA = Concreto Armado); 25, 50 e 60 – Valor Característico de escoamento. $25 \rightarrow 25 \text{ kgf/mm}^2 = 2.500 \text{ kgf/cm}^2 = 250 \text{ MPa}$. $50 \rightarrow 50 \text{ kgf/mm}^2 = 5.000 \text{ kgf/cm}^2 = 500 \text{ MPa}$. $60 \rightarrow 60 \text{ kgf/mm}^2 = 6.000 \text{ kgf/cm}^2 = 600 \text{ MPa}$

• **DEFINIÇÕES (ABNT NBR 7480/07)**

Lote: Grupo de barras ou fios de procedência identificada (1), de mesma categoria e com o mesmo diâmetro nominal, mesmo revestimento superficial e mesma configuração geométrica superficial, apresentado para inspeção como um conjunto unitário, limitado em 30 toneladas.

(1) Lotes identificados são aqueles em que é possível garantir a sua rastreabilidade até a produção. Afeta o número de exemplares para ensaio (custo).

Corrida: volume de aço que se obtém em cada operação de vazamento de um forno de produção do aço. A corrida caracteriza o início do processo de rastreabilidade do aço. Quando na obra ou no fornecedor não houver possibilidade de identificação da corrida, cabe ao inspetor orientar a formação de lotes para inspeção, cujas massas não superem os valores da NBR 7480:2007. Exemplo: para barra de diâmetro igual a 10 mm, a massa máxima por lote é de 8 toneladas.

Formação das amostras: cabe ao comprador ou ao seu inspetor, em cada fornecimento, extrair aleatoriamente amostras de comprimento de, no mínimo, 1,5 metros e identificá-las e enviá-las ao laboratório para ensaios. Apresenta-se na Tabela G.3 a quantidade de amostras por lote.

Tabela G.3 – Quantidades de amostras por lote

Procedência	Amostra para ensaio	Amostra para contra prova
Identificada	3 exemplares	6 exemplares
Não identificada	6 exemplares	12 exemplares

Fonte: ABNT NBR 7480/07

• **CONFIGURAÇÃO GEOMÉTRICA**

Barras: Categoria CA 50 – são obrigatoriamente providas de nervuras transversais oblíquas; Categoria CA 25 – são lisos. Apresenta-se na Tabela G.4 os diâmetros nominais de barras de aço para concreto armado.

Tabela G.4 – Diâmetros nominais de barras

BARRAS $\phi \geq 5$ mm									
CA-25				CA-50					
6,3	8	10	12,5	16	20	22	25	32	40

Fonte: ABNT NBR 7480/07

Fios: os fios podem ser lisos, entalhados ou nervurados. Os com diâmetro de 10 mm devem ter obrigatoriamente entalhes ou nervuras. Apresentam-se na Tabela G.5 os diâmetros nominais de fios de aço para concreto armado.

Tabela G.5 – Diâmetros nominais de fios

FIOS $\phi \leq 10$ mm Laminação a Frio												
CA - 60												
2,4	3,4	3,8	4,2	4,6	5,0	5,5	6,0	6,4	7,0	8,0	9,5	10

Fonte: ABNT NBR 7480/07

Defeitos: As barras e os fios de aço devem ser isentas de defeitos prejudiciais tais como: esfoliação (escamas), corrosão, manchas de óleo, redução de seção e fissuras transversais. Uma oxidação do produto pode ser admitida, quando for superficial. Em caso de dúvida, o material deve ser submetido a ensaios para comprovação de suas propriedades.

Massa e tolerância: A massa real das barras e fios deve ser igual à sua massa nominal, com as tolerâncias indicadas na NBR 7480/2007. Para efeito de cálculo, a massa linear nominal da barra ou fio (em quilograma por metro) é obtida pelo produto da área da seção nominal, em m^2 , por 7850 kg/m^3 , que é a densidade do aço, conforme as normas internacionais.

Apresenta-se na Figura G.1 as características das barras e na Figura G.2 as características dos fios segundo a ABNT NBR 7480/2007 lembrando que o comprimento das barras e fios retos deve ser de 12 metros $\pm 1\%$.

Diâmetro nominal ^a mm	Massa e tolerância por unidade de comprimento		Valores nominais	
	Massa nominal ^b kg/m	Máxima variação permitida para massa nominal	Área da seção mm ²	Perímetro mm
Barras				
6,3	0,245	± 7%	31,2	19,8
8,0	0,395	± 7%	50,3	25,1
10,0	0,617	± 6%	78,5	31,4
12,5	0,963	± 6%	122,7	39,3
16,0	1,578	± 5%	201,1	50,3
20,0	2,466	± 5%	314,2	62,8
22,0	2,984	± 4%	380,1	69,1
25,0	3,853	± 4%	490,9	78,5
32,0	6,313	± 4%	804,2	100,5
40,0	9,865	± 4%	1256,6	125,7

^a Outros diâmetros nominais podem ser fornecidos a pedido do comprador, mantendo-se as faixas de tolerância do diâmetro mais próximo.

^b A densidade linear de massa (em quilogramas por metro) é obtida pelo produto da área da seção nominal em metros quadrados por 7 850 kg/m³.

Figura G.1 – Características das Barras

Fonte: NBR 7480/2007

Diâmetro nominal ^a mm	Massa e tolerância por unidade de comprimento		Valores nominais	
	Massa nominal ^b kg/m	Máxima variação permitida para massa nominal	Área da seção mm ²	Perímetro mm
Fios				
2,4	0,036	± 6%	4,5	7,5
3,4	0,071	± 6%	9,1	10,7
3,8	0,089	± 6%	11,3	11,9
4,2	0,109	± 6%	13,9	13,2
4,6	0,130	± 6%	16,6	14,5
5,0	0,154	± 6%	19,6	15,7
5,5	0,187	± 6%	23,8	17,3
6,0	0,222	± 6%	28,3	18,8
6,4	0,253	± 6%	32,2	20,1
7,0	0,302	± 6%	38,5	22,0
8,0	0,395	± 6%	50,3	25,1
9,5	0,558	± 6%	70,9	29,8
10,0	0,617	± 6%	78,5	31,4

^a Outros diâmetros nominais podem ser fornecidos a pedido do comprador, mantendo-se as faixas de tolerância do diâmetro mais próximo.

^b A densidade linear de massa (em quilogramas por metro) é obtida pelo produto da área da seção nominal em metros quadrados por 7 850 kg/m³.

Figura G.2 – Características dos fios (CA 60)

Fonte: NBR 7480/2007

- **MARCAÇÃO**

Barras e fios nervurados: marcas de laminação em relevo, constando produtor, categoria e diâmetro nominal. Fios lisos e entalhados (CA 60): marcas em relevo constando categoria e diâmetro nominal. A marca do produtor pode ser em relevo ou por etiqueta. Barras lisas (CA - 25): deve ser feita por etiqueta indicando o produtor, categoria e diâmetro nominal.

- **RESISTÊNCIA À TRAÇÃO (NBR ISO 6892-1/13)**

A resistência à tração do aço é uma das propriedades mais importantes dos metais para a construção civil. O ensaio de tração consiste em submeter a barra ou fio ao esforço de tração. Quando se submete uma barra à tração axial, aparecem tensões internas. A tensão de tração (σ) é obtida dividindo-se a força aplicada [N] pela área inicial da seção transversal [S] e pode ser determinada em qualquer estágio do carregamento (Equação G.1).

$$\sigma = \frac{N}{S} (MPa)$$

Equação G.1 – Resistência à tração de vergalhão de aço

- **ALONGAMENTO OU DEFORMAÇÃO ESPECÍFICA**

O alongamento ou deformação específica (ε) pode ser calculado em qualquer estágio do carregamento e é dado pela Equação G.2.

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$$

Equação G.2 – Alongamento ou deformação específica de vergalhão de aço

Onde:

ΔL = Variação de comprimento;

L_0 = comprimento inicial.

Levando-se as tensões e as deformações a um sistema de coordenadas, têm-se a curva tensão-deformação, de onde se podem obter os parâmetros importantes para aceitação de um metal. Os metais apresentam dois tipos de diagrama quando submetidos à tração (a) ou (b), conforme apresentado na Figura G.3. A resistência de escoamento no caso (b) é calculada pelo valor da tensão sob carga correspondente à deformação permanente de $n = 0,2\%$.

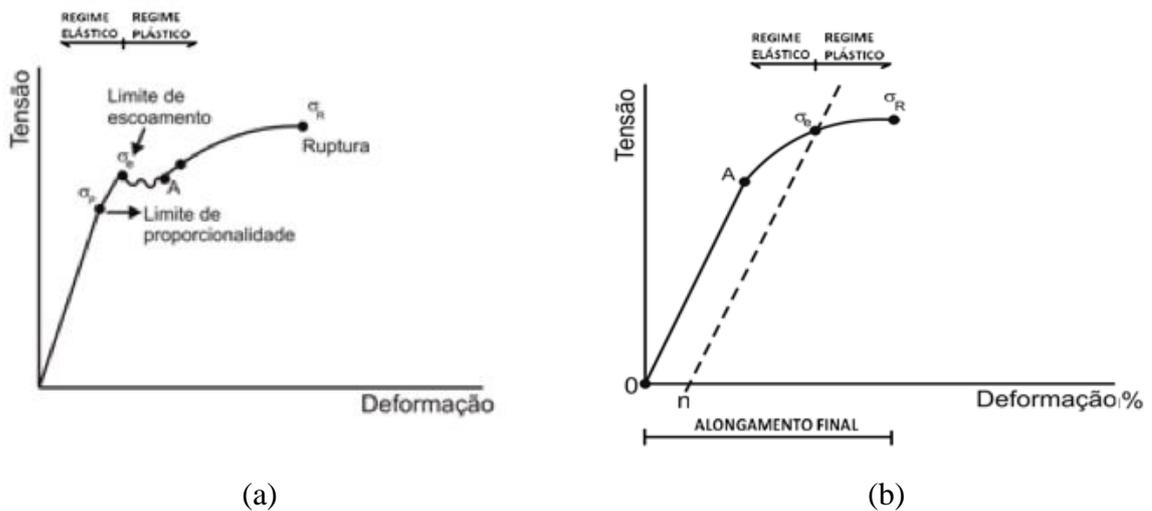


Figura G.3 – Curva tensão-deformação do aço
Fonte: NBR 7480/2007

• **CÁLCULO DE ALONGAMENTO FINAL (NBR ISO 6892-1/13)**

O cálculo do alongamento final de um vergalhão de aço é apresentado na Equação G.3.

$$A_{final} = \frac{L_f - L_o}{L_o} 100(\%)$$

Equação G.3 – Alongamento final de vergalhão de aço

Onde:

L_0 = 10 vezes o diâmetro nominal da barra ou do fio.

Para determinar o L_f , unem-se as duas partes rompidas do corpo-de-prova da melhor maneira possível e contam-se 5 diâmetros nominais para a esquerda e 5 para a direita.

• **ENSAIO DE DOBRAMENTO SEMIGUIADO (ABNT NBR 6153/88)**

Consiste em efetuar um dobramento de 180° em torno de um cutelo de diâmetro prefixado. A amostra deve suportar o dobramento sem ruptura ou fissuração. Considera-se o aço aprovado no ensaio de dobramento quando não ocorrem ruptura nem fissuração da barra na face tracionada.

Apresenta-se na Figura D6 um esquema do ensaio de dobramento de vergalhões de aço em laboratório e na Tabela D6 o diâmetro mínimo do pino por categoria no ensaio de dobramento.

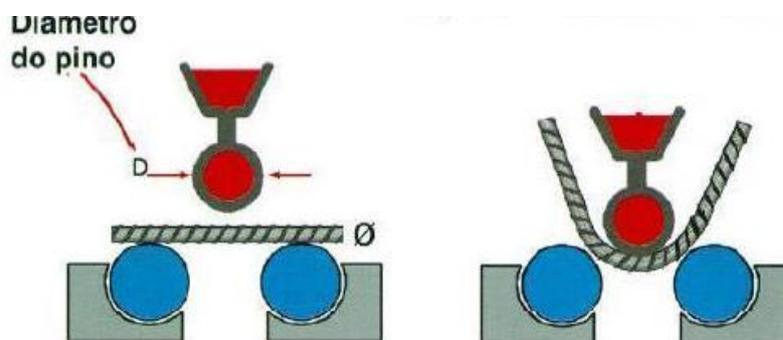


Figura G.4 – Esquema de dobramento em laboratório

Tabela G.6 – Diâmetro mínimo do pino por categoria no ensaio de dobramento

Bitola a dobrar	Diâmetro mínimo do pino por categoria		
	CA 25	CA 50	CA 60
- menor que 20 mm	2 φ	3 φ	5 φ
- igual ou maior que 20 mm	4 φ	6 φ	-

Fonte: ABNT NBR 6153/88

Apresentam-se na Tabela G.7 as propriedades mecânicas mínimas exigidas pela norma NBR 7480/2007.

Tabela G.7 – Propriedades mecânicas mínimas exigidas pela norma

Categoria	Valores mínimos de tração			Ensaio de dobramento a 180°	
	Resistência característica de escoamento f_{yk} (MPa)	Limite de resistência f_{st} (MPa)	Alongamento após ruptura em 10ϕ (%)	Diâmetro do pino (mm)	
				$\phi < 20$	$\phi > 20$
CA-25	250	$1,2 f_y$	18	2ϕ	4ϕ
CA-50	500	$1,08 f_y$	8	3ϕ	6ϕ
CA-60	600	$1,05 f_y$	5	5ϕ	-

Fonte: NBR 7480/2007

• CRITÉRIOS PARA ACEITAÇÃO DO LOTE

O lote é aprovado se atender os requisitos específicos: defeitos; massa e tolerância; marcação; atender ao ensaio de tração; apresentar limite de escoamento (f_y), limite de resistência (f_{st}) e alongamento final em 10ϕ , no mínimo iguais ao especificado em norma. No caso de lotes não identificados, os resultados do ensaio de tração devem atender à expressão $f_{yk,est} \geq f_{yk}$.

Deve-se atender ao ensaio de tração: apresentar limite de escoamento (f_y), limite de resistência (f_{st}) e alongamento final em 10ϕ , no mínimo iguais ao da (Tabela B.3 da NBR 7480/2007), para lote identificado. Deve-se também atender ao ensaio de dobramento: cada corpo-de-prova não pode apresentar fissura ou ruptura na zona tracionada, após o ensaio com diâmetro do cutelo especificado em norma (Tabela B.3 da NBR 7480/2007).

• ENSAIO DE CONTRA PROVA

Se um ou mais dos requisitos e resultados de ensaios não atender o estabelecido na norma ABNT NBR 7480/07, deve ser realizado um ensaio de contraprova único.

A nova amostra deve ser de: 6 exemplares para lotes identificados; 12 exemplares para lotes não identificados.

O lote é rejeitado se ocorrer pelo menos uma das seguintes situações: (a) apresentar defeitos prejudiciais; (b) não atender exigência de massa linear dentro da tolerância de norma; (c) não

atender aos quesitos de marcação estabelecidos para barras e fios de aço (d) no ensaio de contraprova de lote identificado houver pelo menos um resultado individual que não satisfaça às exigências da norma brasileira; (e) no ensaio de contraprova de lote não identificado não atender à expressão da Equação G.4.

$$f_{yk,est} \geq f_{yk}$$

Equação G.4 – Condição de aceitação de lote de vergalhões de aço

Sendo:

f_{yk} = resistência característica de escoamento conforme a categoria do aço;

$f_{yk,est}$ = a resistência estimada de escoamento.

• ACEITAÇÃO DO LOTE

O lote será aceito se os requisitos e os resultados de todos os exemplares atenderem integralmente ao critério para aceitação (NBR 7480/07).

• RESPONSABILIDADE PELO RECEBIMENTO E ACEITAÇÃO DO AÇO

É de responsabilidade do proprietário da obra e do responsável técnico da obra, designado pelo proprietário, o recebimento e a aceitação do aço. Apresentam-se na Figura G.5 (a e b) exemplos dos ensaios de tração do aço realizados no laboratório de ensaio de materiais (LEM) da Universidade de Brasília (UnB).



Figura G.5 – Ensaio realizado em vergalhões de aço para concreto armado
Fonte: Acervo do autor

Apresenta-se na Tabela G.8 exemplos de valores obtidos no ensaio de tração em corpo de prova de aço com extensômetro conforme apresentado na Figura G.5.

Tabela G.8 – Ensaio de tração em corpo de prova de aço com extensômetro

Valores lidos	
Carga (N)	Extensômetro (mm)
0	0,00000
3.000	0,00246
6.000	0,00737
9.000	0,01311
12.000	0,01884
15.000	0,02540
18.000	0,03031
21.000	0,03687
24.000	0,04342
27.000	0,04998
30.000	0,05571
33.000	0,06145
36.000	0,06800
39.000	0,07374
42.000	0,08029

(G.C) APLICAÇÃO NA FERRAMENTA

A aplicação da metodologia proposta pode ser demonstrada na Figura G.6.

HOME | SOBRE | CONTATO

CONSTRUÇÃO CIVIL
teoria e prática

INSTAGRAM
Todo conteúdo publicado no @construcao civil

INSTA DIRECT
Obras no Brasil e no Mundo

VISÃO SISTÊMICA
O passo a passo

DOWNLOADS
Modelos de documentos, tabelas e arquivos

ACADÊMICO
Material Técnico

BRASIL
Por um país melhor

Home > Tópicos > 13 Ensaios de Laboratório > Ensaios de Resistência do Aço para Vergalhões na Construção Civil

Ensaio de Resistência do Aço para Vergalhões na Construção Civil

3 set 2014 9 mai 2015

Ver no Instagram



#abnt #aco #acobrasil #arcelormittal #breaking #breaktest #concretoarmado #construcao civil #engenharia #engenhariacivil #engineering #ensaios #gerdu #lab #laboratorio #obras #rebar #reforcadoconcrete #steel #universidadebrasil #universityofbrasil #vergalhao

SIGA-NOS!

VIDEOS

Exemplo de fundição utilizando estacas pré-moldadas



Slab jacking (nivelamento de laje rompida)

Figura G.6 – Demonstração da ferramenta para aço para concreto armado

APÊNDICE H – Agregados

Agregados são fragmentos de rochas, popularmente denominados “pedras” e “areias”. Fragmentos de rochas com tamanho e propriedades adequadas são utilizados em quase todas as obras de infraestrutura civil, como em edificações, pavimentação, barragens e saneamento. Esses materiais incluem, por exemplo, blocos, pedras, pedregulhos, cascalhos, seixos, britas, pedriscos, areias, entre outros. A faixa de tamanho desses fragmentos é bastante ampla, desde blocos com dezenas de centímetros, como os “enrocamentos” usados em barragens, até partículas milimétricas, como os “agregados” usados na confecção de concreto para a maioria das edificações.

Fragmentos de tamanhos relativamente uniformes podem ser utilizados para construção de muros e estruturas de contenção, por exemplo. Em outras aplicações, como em bases rodoviárias, é necessário utilizar-se uma mistura de fragmentos de diversos tamanhos, de modo a ganhar mais estabilidade ou resistência, o que se denomina estabilização granulométrica. Maior estabilidade também pode ser alcançada adicionando-se algum tipo de material aglomerante à mistura de agregados, como o cimento usado na fabricação de “concreto de cimento Portland”, ou o cimento asfáltico usado na produção de “concreto betuminoso”.

Materiais pétreos, isolados ou estabilizados, são os materiais de construção mais empregados na Engenharia Civil. Portanto, a classificação desses materiais e a determinação de suas principais propriedades de engenharia, bem como a especificação dos limites de aceitabilidade, são fundamentais para o bom desempenho de uma obra. Entretanto, essa não é uma tarefa muito simples, uma vez que há muitas classificações, dependendo da aplicação específica. Da mesma forma, uma dada propriedade que seja relevante para utilização de um agregado como componente de um concreto de cimento Portland pode não ser relevante para aplicação como base rodoviária. Ainda que uma mesma propriedade (resistência, por exemplo) seja importante para duas aplicações diferentes, é de se esperar que valores limite de aceitabilidade sejam diferentes em cada caso (IBRACON, 2010).

As características do agregado dependem da microestrutura da rocha matriz, expressas pela sua porosidade, massa específica e composição mineralógica, bem como de sua exposição

prévia (grau de intemperismo) e das condicionantes do processo de fabricação, tais como uso de explosivos, tipos de britadores, entre outros. De acordo com esses condicionantes, as propriedades dos agregados podem ser divididas em três grupos: (1) características dependentes da porosidade (massa específica aparente, absorção de água, resistência, módulo de elasticidade e sanidade); (2) características dependentes da composição química e mineralógica (resistência, módulo de elasticidade, substâncias deletérias presentes e cargas elétricas); (3) características dependentes das condições prévias e condicionantes de fabricação como tamanho, forma e textura das partículas (MEHTA e MONTEIRO, 1994).

Algumas propriedades físicas são definidas para uma partícula individual, mas, na maior parte dos casos, são determinadas para um conjunto ou massa de partículas dentro de uma dada classe granulométrica, representando um valor médio para aquela faixa. Em geral, há procedimentos específicos para agregados graúdos e para agregados miúdos (MEHTA e MONTEIRO, 1994).

Apresenta-se na Tabela H.1 as principais classes texturais para solos e materiais naturais em geral, de acordo com a terminologia das normas NBR 9935 (ABNT 2005) e NBR 6502 (ABNT, 1995), do Manual de Pavimentação (DNIT, 2006a) e da norma ASTM D 2487 (ASTM, 2006).

Tabela H.1 – Classes texturais para materiais naturais segundo várias normas com dimensões em mm

Classe textural	NBR 9935	NBR 6502	DNIT (2006a)	ASTM D 2487
Matacão	> 100	> 200	250 – 1000	
Pedra de mão	-	60 – 200	75 – 250	
Pedregulho	2 – 100	2 – 60	2 – 75	4,8 - 75
Areia	0,075 - 2	0,060 – 2	0,075 – 2	0,075 – 4,8
Silte		0,002 – 0,060	0,005 – 0,075	< 0,075 (IP<4)*
Argila		< 0,002	< 0,005 mm	< 0,075 (IP≥4)

* IP = Índice de Plasticidade

Fonte: IBRACON (2010)

(H.A) NORMAS UTILIZADAS

As normas utilizadas nos ensaios de agregados realizados na Universidade de Brasília (disciplina de Materiais de Construção Experimental I) estão apresentadas na Tabela H.2.

Tabela H.2 – Normas utilizadas nos ensaios de agregados

Norma	Conteúdo
NBR 7211/09*	Agregados para concreto – Especificação
NBR NM 26/2009	Agregados - Amostragem
NBR NM 27/2001	Agregados - Redução da amostra de campo para ensaio de laboratório
ABNT NBR NM 248/2003	Agregado – Determinação da composição granulométrica – Método de ensaio
ABNT NBR NM 52/2009	Agregado - Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente
ABNT NBR 9775/2011	Agregado – Agregado miúdo – Determinação do teor de umidade superficial por meio do frasco de Chapman – Método de ensaio
ABNT NBR NM 45/2006	Agregado – Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios

* Esta norma especifica os requisitos exigíveis para o recebimento e produção dos agregados miúdos e graúdos destinados à produção de concretos de cimento Portland.

(H.B) DESCRIÇÃO DOS CONCEITOS E ENSAIOS REALIZADOS EM LABORATÓRIO

• CLASSIFICAÇÃO

Agregado Graúdo: agregados cujos grãos passam na peneira de abertura de malha de 75 mm e ficam retidos na peneira de malha 4,75 mm. Agregado Miúdo: agregados cujos grãos passam na peneira de abertura de malha de 4,75 mm e ficam retidos na peneira de malha 0,30 mm. Material Pulverulento - partículas minerais que passam na peneira de abertura de malha 0,075 mm (Nº 200 da série de Tyler).

• ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO: AGREGADO MIÚDO

Composição granulométrica (limites Tabela 2 NBR 7211); substâncias nocivas (limites Tabela 3 da NBR 7211); torrões de argila e materiais friáveis (ABNT NBR 7218); materiais carbonosos (ASTM C 123); material pulverulento (ABNT NBR NM 46); impurezas orgânicas

(ABNT NBR 7221); durabilidade (limites Tabela 4 da NBR 7211); reatividade álcali-agregado (ASTM C 1260); teor de cloretos (agregados de regiões litorâneas ou de água salobras); teor de sulfatos (agregados de regiões litorâneas ou de água salobras).

Ensaio especiais: massa específica (ABNT NBR NM 52); massa unitária (ABNT NBR NM 45); umidade superficial (ABNT NBR 9775); inchamento (ABNT NBR 6467); absorção (ABNT NBR NM 30); teor de partículas leves (ABNT NBR 9936).

● **ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO: AGREGADO GRAÚDO**

Composição granulométrica (limites Tabela 6 NBR 7211); forma dos grãos ABNT NBR 7809; desgaste (Abrasão Los Angeles) ABNT NBR NM 51; substâncias nocivas (limites Tabela 3 da NBR 7211); torrões de argila e materiais friáveis ABNT NBR 7218; materiais carbonosos ASTM C123; material pulverulento ABNT NBR NM 46; durabilidade : (limites Tabela 4 da NBR 7211).

Ensaio especiais: massa específica e absorção de água (ABNT NBR NM 53); ciclagem natural, artificial e com etilenoglicol; umidade (ABNT NBR 9939); teor de partículas leves (ABNT NBR 9936).

Propriedades mecânicas: resistência ao esmagamento (ABNT NBR 9938), desgaste por abrasão (ABNT NBR 12042) e resistência à compressão da rocha (ABNT NBR 6953). Amostragem: coletadas segundo a NBR NM 26/2009 e reduzidas do campo para laboratório de acordo com NBR NM 27/2003.

Amostra de campo: é a porção representativa de um lote de agregado, coletada na fonte de produção, armazenamento ou transporte. A amostra de campo é formada reunindo-se várias amostras parciais em um número suficiente para os ensaios de laboratório.

Lote de agregado: É a quantidade definida de agregado produzido, armazenado ou transportado sob condições presumidamente uniformes. O tamanho do lote não deve ultrapassar a 300 m³ de agregados de mesma origem ou, nos processos contínuos, a quantidade corresponde a 12h ininterruptas de produção. A dimensão do lote não deve

ultrapassar a 80 m³ de agregados de mesma origem no caso específico de pequenas obras, onde o volume de concreto não superar a 100 m³, ou não corresponder à área de construção de mais de 500 m² e nem a tempo de execução de mais de duas semanas.

• **PROCESSO DE REDUÇÃO DE AMOSTRAS DE CAMPO PARA O LABORATÓRIO (NBR NM 27/2001)**

A amostragem de campo remetida ao laboratório, ou amostra de ensaio, deve ser reduzida a frações prescritas por três métodos de ensaio, de acordo com a NM 27: (1) separador mecânico (Figura H.1); (2) quarteamento; (3) tomadas aleatórias.

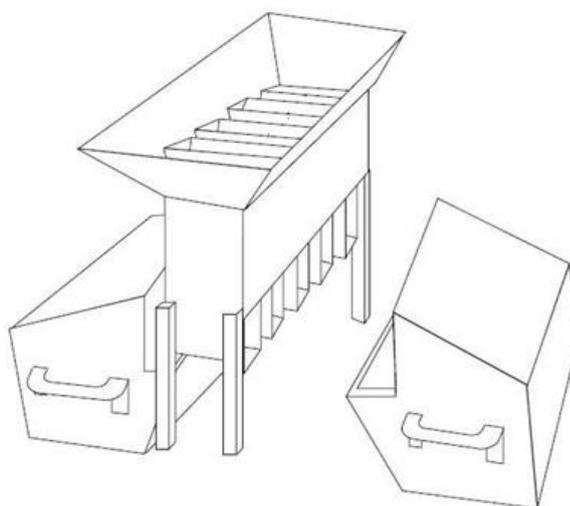


Figura H.1 – Separador mecânico

• **ACEITAÇÃO E REJEIÇÃO**

Para a aceitação de um ou mais lotes de agregados, definidos conforme ABNT NBR NM 26, deve ser estabelecido explicitamente entre o consumidor e o produtor a realização da coleta e dos ensaios das amostras respectivas por laboratório idôneo ou no laboratório de uma das partes quando houver consentimento mútuo.

Um lote somente deve ser aceito quando cumprir todas as prescrições da Norma e as eventuais prescrições especiais contratadas, inclusive aquelas referentes ao conceito de agregado total.

• **ENSAIO DE GRANULOMETRIA**

Norma: ABNT NBR NM 248/2003 - Agregados determinação da composição granulométrica. Objetivo: Prescreve o método para determinação da composição granulométrica de agregados miúdos e graúdos para concreto.

Composição Granulométrica: é a proporção dos diferentes tamanhos de grãos em relação à massa total, expressa em porcentagem (%). Pode ser expressa pelo material retido acumulado ou pela quantidade que passa acumulada, em cada peneira de uma série normalizada. Apresenta-se na Figura H.2 o conjunto de peneiras sucessivas com aberturas em milímetros.

		Série Normal	Série Intermediária
Agregado Graúdo	↑	75 mm	--
		--	63 mm
		--	50 mm
		37,5 mm	--
		--	31,5 mm
		--	25 mm
		19 mm	--
		--	12,5 mm
		9,5 mm	--
		--	6,3 mm
Agregado Miúdo	↓	4,75	--
		2,36	--
		1,18	--
		600 μm	--
		300 μm	--
		150 μm	--

Figura H.2 – Conjunto de peneiras sucessivas com aberturas em milímetros
Fonte: ABNT NBR NM 248

É imprescindível usar as peneiras da série normal. Poderão ser usadas outras peneiras intermediárias além das apresentadas. $D_{m\acute{a}x}$: é a peneira (em mm), da série normal ou intermediária, em que ficou retida acumulada uma porcentagem igual ou imediatamente inferior a 5%, em massa.

Módulo de Finura: é a soma das porcentagens retidas acumuladas (em massa), nas peneiras da série normal, dividida por 100. Quanto maior o módulo de finura, mais graúdo é o agregado.

Amostra para ensaio granulometria: Na Tabela H.3 apresenta-se a massa mínima por amostra de ensaio (NBR NM 248/2003)

Tabela H.3 – Dimensão máxima do agregado

Dimensão máxima do agregado (mm)	Massa mínima da amostra de ensaio (kg)
< 4,75	0,3
9,5	1
12,5	2
19,0	5
25,0	10
37,5	15
50	20
Continuação	Ver norma

Fonte: NBR NM 248/2003

• EXECUÇÃO DO ENSAIO

Dividir amostra em M_1 e M_2 ; secar a amostra em estufa (105 – 110)°C; pesar a amostra M_1 ; colocar a amostra sobre a peneira superior; promover a agitação mecânica; determinar a massa total de material retido em cada uma das peneiras e no fundo do conjunto; repetir o processo com a massa M_2 .

Apresenta-se na Tabela H.4 um exemplo dos dados obtidos por meio do ensaio de granulometria.

Tabela H.4 – Ensaio de granulometria

Identificação do material:	Abertura (mm)	Material Retido (g)	% Retido ⁽¹⁾	% Retido acumulado ⁽²⁾	Limites NBR 7211/2009
Areia lavada Rio Corumbá	38	-	-	-	-
Classificação do agregado: Miúdo: Zona utilizável	32	-	-	-	-
	25	-	-	-	-
	19	-	-	-	-
Módulo de finura: 2,65	12,5	-	-	-	-
	9,5	-	-	-	-
D _{máx} (mm): 4,8	6,3	20,65	2,1	2	0-7
	4,8	19,74	2,0	4	0-10
Massa unitária (g/cm ³)	2,4	58,7	5,9	10	0-25
	1,2	157,93	15,8	26	20-50
Massa específica (g/cm ³)	0,6	250,21	25	51	35-70
	0,3	295,33	29,5	80	65-95
Observações:	0,15	141,53	14,1	94	90-100
	0,075	37,15	3,7	98	-
	Fundo	18,76	1,9	100	-
	Totais	1000	100	265	-

Apresenta-se na Figura H.3 um exemplo de curva granulométrica de agregado miúdo dentro dos limites da Norma. Apresenta-se na Tabela H.5 a classificação do agregado miúdo segundo a NBR 7211/2009. Apresenta-se na Tabela H.6 a classificação de mercado do agregado miúdo.

Curva Granulométrica da Areia

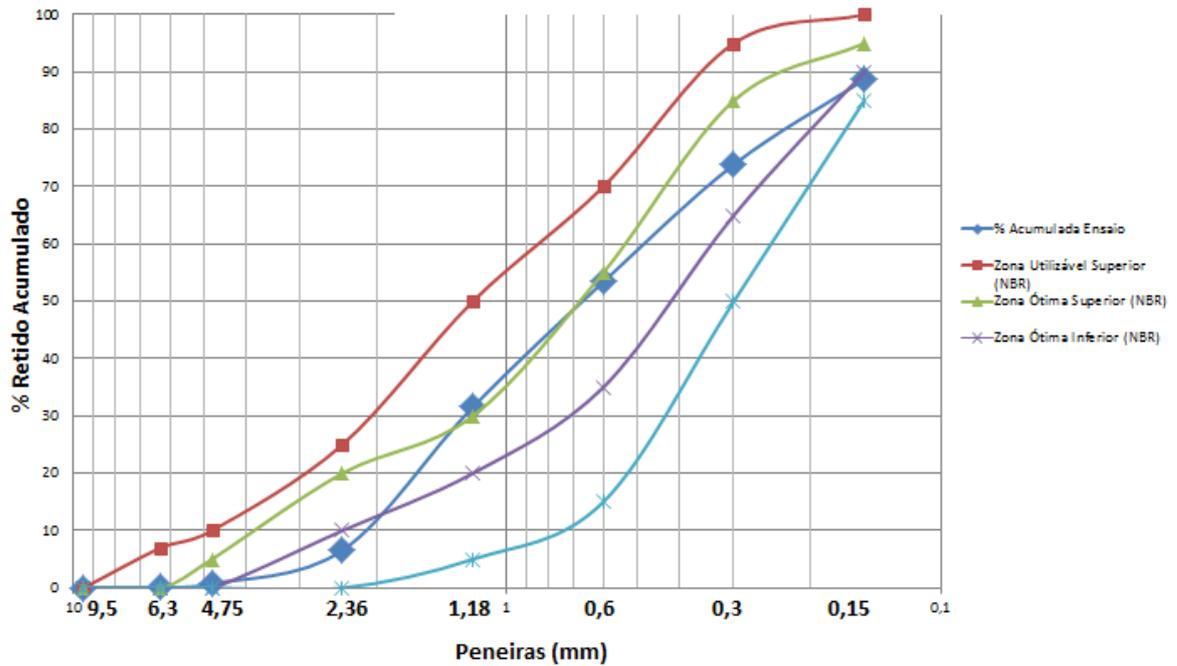


Figura H.3 – Exemplo de curva granulométrica da areia dentro dos limites da Norma

Fonte: Gráfico elaborado pelo autor

Tabela H.5 – Classificação do agregado miúdo

Limites granulométricos de agregado miúdo (NBR 7211)				
Peneira ABNT (mm)	% em massa retida acumulada			
	Limites inferiores		Limites superiores	
	Zona utilizável	Zona ótima	Zona ótima	Zona utilizável
9,5	0	0	0	0
6,3	0	0	0	7
4,75	0	0	5	10
2,36	0	10	20	25
1,18	5	20	30	50
600	15	35	55	70
300	50	65	85	95
150	85	90	95	100

Notas:

1. O módulo de finura da zona ótima varia de 2,20 a 2,90
2. O módulo de finura da zona utilizável inferior varia de 1,55 a 2,20
3. O módulo de finura da zona utilizável superior varia de 2,90 a 3,50



Fonte: ABNT NBR 7211/2009

Tabela H.6 – Classificação do agregado miúdo (Mercado)

Classificação	Módulo de Finura
Fino	< 2,4
Médio	2,4 a 3,3
Grosso	3,3 a 3,9
Muito Grosso	>3,9

● **RESULTADOS (CERTIFICADO DE ENSAIO)**

Porcentagem média retida em cada peneira; porcentagem média retida acumulada em cada peneira; a dimensão máxima característica e módulo de finura; a classificação dos agregados conforme a NBR 7211/2009 (Tabela H.7) ou identificação das zonas/graduações entre as quais se situa.

Tabela H.7 – Dados do ensaio de granulometria

Identificação do material:	Abertura (mm)	Material Retido (g)	% Retido	% Retido acumulado	Limites NBR 7211/2009
Agregado Graúdo	38	-	-	-	-
Classificação do agregado: Zona 9,5/25	32	-	-	-	-
	25	0	0	0	0-5
Módulo de finura: 7,04	19	997	9,9	10	2-15
	12,5	5569	55,7	66	40-65
Dmáx (mm): 25	9,5	2826	28,3	94	80-100
	6,3	-	-	94	92-100
Massa unitária (g/cm ³)	4,8	581	5,8	100	95-100
	2,4	-	-	100	-
Massa específica (g/cm ³)	1,2	-	-	100	-
	0,6	-	-	100	-
Observações:	0,3	-	-	100	-
	0,15	-	-	100	-
	0,075	-	-	100	-
	Fundo	27	0,3	100	-
Totais		10000	100	704	-

● **CLASSIFICAÇÃO DO AGREGADO GRAÚDO SEGUNDO NBR 7211/2009**

Apresentam-se na Tabela H.8 os limites granulométricos de agregado graúdo de acordo com a NBR 7211/2009 e na Figura H.4 apresenta-se um exemplo de curva granulométrica de agregado graúdo.

Tabela H.8 – Limites granulométricos de agregado graúdo

Peneira ABNT (mm)	% em massa retida acumulada				
	Zona granulométrica				
	d/D ¹				
	4,75/12,5	9,5/25	19/31,5	25/50	37,5/75
75	-	-	-	-	0 - 5
63	-	-	-	-	5 - 30
50	-	-	-	0 - 5	75 - 100
37,5	-	-	-	5 - 30	90 - 100
31,5	-	-	0 - 5	75 - 100	95 - 100
25	-	0 - 5	5 - 25 ²⁾	87 - 100	-
19	-	2 - 15 ²⁾	65 ²⁾ - 95	95 - 100	-
12,5	0 - 5	40 ²⁾ - 65 ²⁾	92 - 100	-	-
9,5	2 - 15 ²⁾	80 ²⁾ - 100	95 - 100	-	-
6,3	40 ²⁾ - 65 ²⁾	92 - 100	-	-	-
4,75	80 ²⁾ - 100	95 - 100	-	-	-
2,36	95 - 100	-	-	-	-

¹⁾ Zona granulométrica correspondente à menor (d) e à maior (D) dimensões do agregado graúdo

²⁾ Em cada zona granulométrica deve ser aceita uma variação de no máximo cinco unidades percentuais em apenas um dos limites marcados com 2). Essa variação pode também estar distribuída em vários desses limites.

Fonte: ABNT NBR 7211/2009

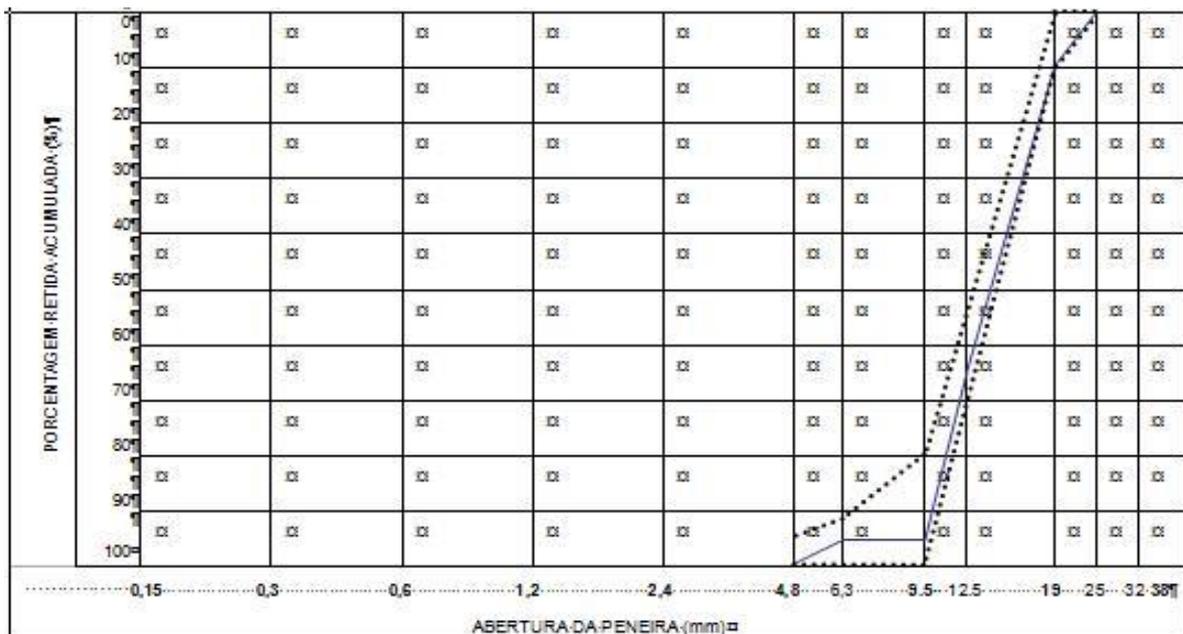


Figura H.4 – Exemplo de curva granulométrica de agregado graúdo

Fonte: ABNT NBR 7211/2009

• **ENSAIOS ESPECIAIS: MASSA ESPECÍFICA E MASSA ESPECÍFICA APARENTE (ABNT NBR NM 52/2009)**

Objetivo: Esta norma prescreve o processo de determinação da massa específica e massa específica aparente de agregados miúdos para concreto.

Massa específica: é a relação entre a massa do agregado seco em estufa até a constância de massa e o volume igual do sólido, não considerando os vazios permeáveis (descontinuidades ligadas diretamente à superfície externa do agregado que na condição saturada superfície seca são passíveis de reter água).

Massa específica aparente: é a relação entre a massa do agregado seco em estufa até a constância de massa e o volume igual do sólido, considerando os vazios permeáveis (descontinuidades ligadas diretamente à superfície externa do agregado que na condição saturada superfície seca são passíveis de reter água).

• **ENSAIOS ESPECIAIS: UMIDADE SUPERFICIAL (ABNT NBR 9775/2011)**

Objetivo: Esta norma prescreve o processo de determinação da umidade superficial em agregados miúdos pelo frasco de Chapman. Umidade superficial (h%, Equação H.1): água aderente à superfície dos grãos por tensão superficial. É expressa em porcentagem da massa do agregado úmido em relação à massa do agregado na condição “SSS”. Precisa ser determinada para corrigir a quantidade de água e de areia em traços de concretos e argamassas.

$$h(\%) = \frac{P_h - P_s}{P_s} \cdot 100$$

Equação H.1 – Teor de umidade em agregados

Onde: h% = teor de umidade;

P_h = peso do agregado úmido;

P_s = peso do agregado seco.

Tipos de determinação do teor de umidade: Secagem em estufa (100°C a 110°C); Frasco de Chapman: $h_{\text{superficial}}$ (%); Secagem ao fogo (frigideira ou álcool); *Speedy Moisture Tester*.

Frasco de Chapman: $H_{\text{SUPERFICIAL}}$ (%): colocar 200 cm³ de água no frasco; introduzir 500 g de agregado miúdo úmido cuidadosamente no frasco. Apresenta-se na Equação H.2 o cálculo da umidade superficial ($h_{\text{sup.}}$) de agregado miúdo utilizando o Frasco de Chapman.

$$h_{\text{sup.}} = \frac{100 \cdot [500 - (L - 200) \cdot \gamma_{\text{esp}}]}{\gamma_{\text{esp}} \cdot (L - 700)}$$

Equação H.2 – Umidade superficial de agregado miúdo utilizando o Frasco de Chapman

Onde:

L = Leitura do gargalo do frasco de Chapman (cm³);

γ_{esp} = massa específica do agregado miúdo;

Observações: (a) Média de duas determinações; (b) Os resultados não devem diferir entre si mais do que 0,5%.

● **ENSAIOS ESPECIAIS: MASSA UNITÁRIA (ABNT NBR NM 45/2006)**

Objetivo: Esta norma estabelece o método para a determinação da densidade a granel e do volume de vazios de agregados miúdos, graúdos ou de mistura dos dois, em estado compactado ou solto.

Método A: Massa unitária de agregado compactado quando os agregados tem dimensão máxima de 37,5 mm ou menor. Método B: Massa unitária de agregado compactado quando os agregados têm dimensão máxima superior a 37,5 mm ou inferior a 75 mm. Método C: Massa unitária de agregado no estado solto.

Apresentam-se na Figura H.5 fotos dos ensaios em agregado miúdo no laboratório da Universidade de Brasília seguindo os conceitos e procedimentos apresentados neste Apêndice.



Figura H.5 – Ensaios realizados em agregado miúdo no laboratório da Universidade de Brasília (UnB)

Fonte: Acervo do autor

Apresenta-se na: Tabela H.9, Tabela H.10, Tabela H.11, Tabela H.12, Tabela H.13 e Tabela H.14 exemplos da sequência dos ensaios realizados em agregados miúdos no laboratório de ensaio de materiais (LEM) da UnB conforme demonstrado na Figura H.5.

Tabela H.9 – Dados de entrada do ensaio de agregado miúdo (areia natural)

Identificação do material: areia natural do Rio Corumbá

Data do ensaio: 08/09/2014

Responsável: Patrícia, Severino, Abdala

M1 - Massa total da amostra pesada (g): 1000 gramas

Tabela H.10 – Ensaio de granulometria em agregado miúdo

Peneiras (mm)	Massa Peneira Vazia (g)	Massa Amostra + Peneira (g)	Massa Amostra (g)	% Retida	% Ret. Acumulada	Limites da NBR 7211/2009
38	0,00	0,00	0,00	0,0	0	-
32	0,00	0,00	0,00	0,0	0	-
25	0,00	0,00	0,00	0,0	0	-
19	0,00	0,00	0,00	0,0	0	-
12,5	0,00	0,00	0,00	0,0	0	-
9,5	0,00	0,00	0,00	0,0	0	-
6,3 *	464,49	465,40	0,91	0,1	0	0-7
4,8	604,10	610,70	6,60	0,7	1	0-10
2,4	597,21	655,30	58,09	5,8	7	0-25
1,2	458,33	708,40	250,07	25,0	32	20-50
0,6	402,66	620,60	217,94	21,8	53	35-70
0,3	387,50	592,03	204,53	20,5	74	65-95
0,15	442,03	590,07	148,04	14,8	89	90-100
0,075 *	341,01	426,83	85,82	8,6	97	
Fundo *	436,24	463,80	27,56	2,8	100	
Total	4133,57	5133,13	999,56	100,0	-	

Tabela H.11 – Caracterização do agregado miúdo

Caracterização
Módulo de Finura (%): 2,55 %
Dimensão máxima característica (mm): 2,4
Tempo de peneiramento: 10 minutos
Hora início peneiramento: 15:35
Hora término peneiramento: 15:45

Tabela H.12 – Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do Frasco de Chapman

	1ª Determinação	2ª Determinação
	Areia Lavada	Areia Britada
Massa (g)	500	500
L (cm ³)	390	384
γ (g/cm ³)	2,63	2,72

Nota: As amostras não devem diferir entre si mais de 0,05g/cm³. O resultado deve ser expresso com três algarismos significativos.

Apresentou-se na Equação H.2 o cálculo da umidade superficial ($h_{sup.}$) de agregado miúdo utilizando o Frasco de Chapman. Apresentou-se na Equação H.3 o cálculo da massa específica de agregados miúdos por meio do Frasco de Chapman.

$$\gamma_{esp} = \frac{500}{(L - 200)}$$

Equação H.3 – Massa específica de agregados miúdos por meio do frasco de Chapman

Tabela H.13 – Determinação da umidade superficial em agregados miúdos por meio do frasco de Chapman

	1ª Determinação	2ª Determinação
	Areia Lavada	Areia Britada
Massa (g)	500	500
L (cm ³)	405	399
h (%)	5,08	4,98

Nota: Os resultados não devem diferenciar entre si mais que 0,5%.

Tabela H.14 – Determinação da massa unitária do agregado em estado solto

Massa (kg)	Volume (dm ³)	γ_{unit} (Kg/dm ³)	
22,84	15	1,52	Areia Natural
21,12	15	1,41	Areia Britada

Nota: Os resultados não devem apresentar desvios maiores que 1% em relação a média. A massa unitária é dada por kg/dm³, com aproximação de 0,01kg/dm³.

Apresenta-se na Equação H.4 o cálculo da massa unitária do agregado em estado solto.

$$\gamma_{unit} = \frac{m_{ar} - m_r}{V}$$

Equação H.4 – Massa unitária do agregado em estado solto

Onde:

γ_{unit} = massa unitária do agregado em estado solto;

m_{ar} = massa do recipiente + agregado;

m_r = massa do recipiente;

V = volume do recipiente.

Apresenta-se na Tabela H.15 a classificação de agregado miúdo e agregado graúdo de acordo com o módulo de finura e diâmetro máximo. Apresentam-se na Figura H.6 os limites da

composição granulométrica do agregado graúdo. Apresentam-se na Figura H.7 os limites da distribuição granulométrica do agregado miúdo.

Tabela H.15 – Classificação de agregado miúdo e agregado graúdo de acordo com o módulo de finura e diâmetro máximo

Agregado miúdo		Agregado Graúdo (mm)	
Classificação	Módulo de Finura	Classificação	D _{max}
Muito fina	< 1,55 *	Brita 0	9,5
Fina	1,55 a 2,20	Brita 1	19
Médio	2,20 a 2,90	Brita 2	25
Grosso	2,90 a 3,50	Brita 3	37,5
Muito Grosso	> 3,5 **	Brita 4	63

* Fora da zona utilizável inferior

** Fora da zona utilizável superior

Fonte: NBR 7211/2009

Peneira com abertura de malha (ABNT NBR NM ISO 3310-1)	Porcentagem, em massa, retida acumulada				
	Zona granulométrica d/D ^a				
	4,75/12,5	9,5/25	19/31,5	25/50	37,5/75
75 mm	-	-	-	-	0 – 5
63 mm	-	-	-	-	5 – 30
50 mm	-	-	-	0 – 5	75 – 100
37,5 mm	-	-	-	5 – 30	90 – 100
31,5 mm	-	-	0 – 5	75 – 100	95 – 100
25 mm	-	0 – 5	5 – 25 ^b	87 – 100	-
19 mm	-	2 – 15 ^b	65 ^b - 95	95 – 100	-
12,5 mm	0 – 5	40 ^b - 65 ^b	92 – 100	-	-
9,5 mm	2 - 15 ^b	80 ^b – 100	95 – 100	-	-
6,3 mm	40 ^b – 65 ^b	92 – 100	-	-	-
4,75 mm	80 ^b – 100	95 – 100	-	-	-
2,36 mm	95 - 100	-	-	-	-

^a Zona granulométrica correspondente à menor (d) e à maior (D) dimensões do agregado graúdo.

^b Em cada zona granulométrica deve ser aceita uma variação de no máximo cinco unidades percentuais em apenas um dos limites marcados com 2). Essa variação pode também estar distribuída em vários desses limites.

Figura H.6 – Limites da composição granulométrica do agregado graúdo

Fonte: NBR 7211/2009

Peneira com abertura de malha (ABNT NBR NM ISO 3310-1)	Porcentagem, em massa, retida acumulada			
	Limites inferiores		Limites superiores	
	Zona utilizável	Zona ótima	Zona ótima	Zona utilizável
9,5 mm	0	0	0	0
6,3 mm	0	0	0	7
4,75 mm	0	0	5	10
2,36 mm	0	10	20	25
1,18 mm	5	20	30	50
600 µm	15	35	55	70
300 µm	50	65	85	95
150 µm	85	90	95	100

NOTA 1 O módulo de finura da zona ótima varia de 2,20 a 2,90.
NOTA 2 O módulo de finura da zona utilizável inferior varia de 1,55 a 2,20.
NOTA 3 O módulo de finura da zona utilizável superior varia de 2,90 a 3,50.

Figura H.7 – Limites de distribuição granulométrica do agregado miúdo
Fonte: NBR 7211/2009

(H.C) APLICAÇÃO NA FERRAMENTA

A aplicação da metodologia proposta pode ser demonstrada na Figura H.8.

The image shows a screenshot of a website for 'CONSTRUÇÃO CIVIL'. The header includes navigation links (HOME, SOBRE, CONTATO) and a search bar. Below the header is a teal navigation bar with icons for Instagram, Insta Direct, Visão Sistêmica, Downloads, Acadêmico, and Brasil. The main content area features an article titled 'ESTUDO DOS AGREGADOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL' with a video player showing a construction site. The video player has a play button and a title 'Exemplo de fundação utilizando entacas pré-moldadas'. The article text discusses the importance of aggregate studies in civil engineering and lists relevant norms.

Figura H.8 – Demonstração da ferramenta para agregados

APÊNDICE I – Cimentos Portland

O cimento Portland é um ligante hidráulico obtido pela moagem do clínquer Portland, em conjunto com uma ou mais formas de sulfato de cálcio, em proporções que variam aproximadamente de 3% a 5% em massa, e eventuais adições ativas facultativas, conforme o tipo de cimento, durante o processo de fabricação. Seu uso é expressivo na construção civil por suas inúmeras aplicações. Com cimento Portland se podem preparar pastas, argamassas, concretos, grautes e outros compósitos, que servem à execução de artefatos como blocos, telhas, tubos, pavimentos, postes, mourões para cercas, vasos, guias; bem como elementos estruturais pré-fabricados como vigas, pilares, lajes, painéis, estacas e incontáveis tipos de estruturas moldadas em loco.

A propriedade mais conhecida dos diversos tipos de compósitos preparados a partir do cimento Portland é a resistência à compressão. No entanto, fatores como a facilidade de uso, a possibilidade de moldar diferentes formas, a boa interação dos compósitos de cimento com outros materiais e, sobretudo, sua durabilidade conferem ao cimento Portland seu importante papel na construção civil na atualidade (IBRACON, 2010).

A palavra “cimento” é originada do latim “caementu” que significa “união”. Na Roma antiga já se usava um material, espécie de pedra natural de rochedos não esquadrejada, à qual se dava o nome de “caementum”. A origem do cimento remonta há cerca de 4.500 anos. Os imponentes monumentos do Egito antigo já utilizavam uma liga constituída por uma mistura de gesso calcinado. As grandes obras gregas e romanas, como o Panteão e o Coliseu, foram construídas com o uso de solos de origem vulcânica da ilha grega de Santorino ou das proximidades da cidade italiana de Pozzuoli, que possuíam propriedades de endurecimento sob a ação da água.

O grande passo no desenvolvimento do cimento foi dado em 1756 pelo inglês John Smeaton, que conseguiu obter um produto de alta resistência por meio da calcinação de calcários moles e argilosos. Em 1818, o francês Vicat obteve resultados semelhantes aos de Smeaton pela mistura de componentes argilosos e calcários. Ele é considerado o inventor do cimento artificial. Em 1824, o construtor inglês Joseph Aspdin queimou conjuntamente pedras calcárias e argilas, transformando-as num pó fino. Percebeu que obtinha uma mistura que,

após secar, tornava-se tão dura quanto as pedras empregadas nas construções. A mistura não se dissolvia em água e foi patenteada pelo construtor no mesmo ano, com o nome de cimento Portland, por apresentar cor e propriedades de durabilidade e solidez semelhantes às rochas calcárias da ilha britânica de Portland (IBRACON, 2010).

A indústria de cimento vem se mobilizando no mundo todo para reduzir suas emissões. Em 1999 foi criado o CSI – *Cement Sustainability Initiative*, programa vinculado ao WBCSD – *World Business Council for Sustainable Development*, que tem como um dos seus objetivos a redução da emissão de CO₂. O programa conta com a adesão de 18 grupos de fabricantes de cimento, sendo que seis deles atuam no Brasil, representando 70% da produção nacional. Cada um deles definiu suas metas e desde 1990 alcançaram uma redução de 20% a 30% nas suas emissões.

Aliando instalações modernas, dotadas de equipamento de alta eficiência energética e que garantem o aproveitamento de todo o material em modernos sistemas de separadores e filtros, o Brasil é um exemplo em iniciativas na fabricação de cimento visando a preservação ambiental, com o uso de adições no processo produtivo e o co-processamento de resíduos nos fornos, economizando recursos combustíveis e matérias primas na produção (IBRACON, 2010).

(I.A) NORMAS UTILIZADAS

As normas utilizadas nos ensaios de cimentos Portland realizados na Universidade de Brasília (disciplina de Materiais de Construção Experimental I) estão apresentadas na Tabela F.1.

Tabela I.1 – Normas utilizadas nos ensaios de cimentos Portland

Norma	Conteúdo
NBR 7215/96	Determinação da resistência à compressão.
NBR 11579/2012	Determinação do Índice de Finura por meio da peneira 0,075 mm
NBR 11582/2012	Determinação da expansibilidade Le Chatelier
NBR NM 43/2003	Determinação da pasta de consistência normal
NBR NM 65/2003	Determinação dos tempos de pega

(I.B) DESCRIÇÃO DOS CONCEITOS E ENSAIOS REALIZADOS EM LABORATÓRIO

• TIPOS DE CIMENTO PORTLAND

(a) Cimento Portland Comum: CP I - Cimento Portland Comum; CP I-S - Cimento Portland Comum com Adição; (b) Cimento Portland Composto: CP II-E - Cimento Portland Composto com Escória; CP II-Z - Cimento Portland Composto com Pozolana; CP II-F - Cimento Portland Composto com Filler; (c) Cimento Portland de Alto Forno - CP III; (d) Cimento Portland Pozolânico - CP IV; (e) Cimento Portland de Alta Resistência Inicial - CP V-ARI.

• AMOSTRAGEM

As amostras destinadas a ensaios físicos ou químicos denominam-se “amostras de ensaio” e representam, no máximo, 400 toneladas e devem ser tomadas em duplicada (para formar a amostra testemunho, que deve ser guardada pelo período de 90 dias, a fim de elucidar divergência entre os interessados). Se a entrega não for em contêiner ou a granel, devem ser extraídas, no lote, amostras a cada 2.500 kg ou fração (a cada 50 sacos).

Para formar uma amostra composta a partir de amostras, cada uma delas deve pesar, pelo menos, 2,5 kg. Como se toma em duplicada, as amostras de ensaio devem pesar, no total, pelo menos, 5 kg. Imediatamente depois de extraídas as amostras, estas devem ser colocadas em recipientes herméticos e impermeáveis que devem ser numerados.

• CONTROLE DE RECEBIMENTO

Durante o recebimento devem ser executados, no mínimo, os seguintes ensaios: finura da peneira 0,075 mm (NBR 11579/2012); finura pelo método de permeabilidade ao ar (Método de Blaine) – NBR NM 76/1998; tempo de pega – NBR NM 65/2003 (é necessário antes determinar a pasta normal – NBR NM 43/2003); expansibilidade a quente - NBR 11582/2012

(feito na pasta normal NBR NM 43/2003); resistência à compressão nas idades especificadas para cada tipo de cimento (NBR 7215).

• **ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DO CIMENTO**

A resistência à compressão do cimento é determinada num ensaio de resistência à compressão direta, usando-se uma argamassa com areia normal do rio Tietê, em corpos de prova cilíndricos de 50 mm x 100 mm, Traço = 1:3:0,48.

• **ENSAIO DE RECEBIMENTO PARA AVALIAR A RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DO CIMENTO (NBR 7215/96)**

Idades de ruptura: Cimentos CP I, II, III e IV – 3, 7 e 28 dias. Cimento CP V – 1, 3 e 7 dias.

Para cada idade de ruptura são moldados 4 corpos de prova. Os CPs são desmoldados com 24h e seguem para câmara úmida onde permanecem até a respectiva idade de ruptura. Os topos dos CP são capeados com uma mistura a base de enxofre líquido ou são retificados. Observação: os CP são rompidos úmidos.

• **CÁLCULO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DO CIMENTO NUMA DADA IDADE**

Calcula-se a resistência individual de cada um dos 4 CP dividindo-se a carga de ruptura pela área da seção transversal do CP cilíndrico (5 cm x 10 cm), considerando diâmetro igual a 5cm conforme apresentado na Equação I.2; calcula-se a resistência média dos 4 resultados individuais.

Calcula-se o Desvio Relativo Máximo (DRM) conforme apresentado na Equação I.1.

$$Desvio(\%) = \frac{|f_{cm} - f_{ci}|}{f_{cm}} \cdot 100 \leq 6\%$$

Equação I.1 – Desvio relativo máximo no ensaio de resistência à compressão de cimentos
Portland

Onde:

f_{ci} = resistência individual, em MPa;

f_{cm} = resistência média, em MPa.

$$\sigma = \frac{4 \cdot F}{\pi \cdot d^2}$$

Equação I.2 – Tensão de ruptura no ensaio de resistência à compressão de cimentos Portland

Onde:

σ = resistência individual, em MPa;

F = carga, em N;

d = diâmetro do corpo de prova, em mm.

Se DRM < 6%, a resistência à compressão do cimento (naquela idade) é a média aritmética dos quatro corpos-de-prova (f_{cm}). Se DRM > 6%, elimina-se o valor que mais se afastou da média para mais ou para menos. Faz-se nova média com os 3 corpos-de-prova restantes e determina-se o novo DRM. Se o novo DRM for < 6%, a média dos três corpos-de-prova é a resistência do cimento, naquela idade. Se novo DRM persistir > 6%, repete-se o ensaio, pois houve dispersão grande. Fazer este procedimento para cada idade a fim de determinar a resistência para diferentes idades conforme especificado em norma.

• ***APROVAÇÃO DO CIMENTO A SER EMPREGADO***

Comparar os resultados de resistência à compressão a j dias de idade (f_{cj}), determinados a partir dos resultados experimentais, com os requisitos mínimos estabelecidos na Norma conforme apresentado na Figura I.1.

O lote é aceito e está apto ao uso se os resultados atenderem a todos os ensaios de recebimento (embora os ensaios de recebimento estejam longe de identificar todos os problemas possíveis que possam ocorrer com o uso deste cimento).

Tipos	Classe (MPa)	Finura		Tempo de pega		Expansibilidade		Resistência à compressão			
		# 200 (75 µm)	Blaine (m2/kg)	Início (h)	Fim (h)	A frio (mm)	A quente (mm)	1 Dia (MPa)	3 Dias (MPa)	7 Dias (MPa)	28 Dias (MPa)
CP I CP I - S	25	≤ 12,0	≥ 240	≥ 1	≤ 10,0	≤ 5,0	≤ 5,0	-	≥ 8,0	≥ 15,0	≥ 25,0
	32	≤ 12,0	≥ 260	≥ 1	≤ 10,0	≤ 5,0	≤ 5,0	-	≥ 10,0	≥ 20,0	≥ 32,0
	40	≤ 10,0	≥ 280	≥ 1	≤ 10,0	≤ 5,0	≤ 5,0	-	≥ 15,0	≥ 25,0	≥ 40,0
CP II - E CP II - Z CP II - F	25	≤ 12,0	≥ 240	≥ 1	≤ 10,0	≤ 5,0	≤ 5,0	-	≥ 8,0	≥ 15,0	≥ 25,0
	32	≤ 12,0	≥ 260	≥ 1	≤ 10,0	≤ 5,0	≤ 5,0	-	≥ 10,0	≥ 20,0	≥ 32,0
	40	≤ 10,0	≥ 280	≥ 1	≤ 10,0	≤ 5,0	≤ 5,0	-	≥ 15,0	≥ 25,0	≥ 40,0
CP III	25	≤ 8,0	-	≥ 1	≤ 12,0	≤ 5,0	≤ 5,0	-	≥ 8,0	≥ 15,0	≥ 25,0
	32	≤ 8,0	-	≥ 1	≤ 12,0	≤ 5,0	≤ 5,0	-	≥ 10,0	≥ 20,0	≥ 32,0
	40	≤ 8,0	-	≥ 1	≤ 12,0	≤ 5,0	≤ 5,0	-	≥ 12,0	≥ 23,0	≥ 40,0
CP IV	25	≤ 8,0	-	≥ 1	≤ 12,0	≤ 5,0	≤ 5,0	-	≥ 8,0	≥ 15,0	≥ 25,0
	32	≤ 8,0	-	≥ 1	≤ 12,0	≤ 5,0	≤ 5,0	-	≥ 10,0	≥ 20,0	≥ 32,0
CP V - ARI		≤ 6,0	≥ 300	≥ 1	≤ 10,0	≤ 5,0	≤ 5,0	≥ 14,0	≥ 24,0	≥ 34,0	-
CP V - ARI - RS		≤ 6,0	≥ 300	≥ 1	≤ 10,0	≤ 5,0	≤ 5,0	≥ 11,0	≥ 24,0	≥ 34,0	-

Figura I.1 – Exigências físicas dos cimentos Portland

Fonte: ABNT NBR 7215/96

● **ENSAIO DE FINURA POR PENEIRAMENTO DO CIMENTO PORTLAND (NBR 1157/2012)**

Esta norma prescreve o método para a determinação da finura do cimento Portland com o emprego da peneira 75 µm (nº 200) pelo processo manual e mecânico. Ensaio de recebimento para avaliar o grau de moagem de um cimento.

Efetuar o peneiramento em 3 estágios: eliminação de finos – 3 a 5 minutos; etapa intermediária – 15 a 20 minutos; peneiramento final – 1 em 1 minuto até que a massa entre duas pesagens consecutivas seja inferior à 0,05g.

A Finura do cimento é caracterizada pelo seu índice de finura (F%) e precisa ser menor ou igual ao especificado em norma brasileira para a designação do cimento usado no ensaio.

● **ENSAIO DE MÓDULO DE FINURA**

Apresenta-se na Equação F3 o cálculo do índice de finura do cimento.

$$F = \frac{R \cdot C}{M} \cdot 100$$

Equação I.3 – Índice de finura do cimento

Onde:

F = índice de finura do cimento, em porcentagem;

R = resíduo do cimento na peneira 0,075 mm, em g;

M = massa inicial do cimento, em g;

C = fator de correção da peneira utilizada no ensaio.

● **ENSAIO DE PASTA DE CONSISTÊNCIA NORMAL: NBR NM 43/2003**

Esta norma prescreve o método da determinação consistência normal da pasta de cimento Portland utilizando a sonda de Tetmajer do aparelho de Vicat. Consistência normal: quando a sonda de Tetmajer, em condições normalizadas de ensaio, estaciona a uma distância de 6 ± 1 mm do fundo do molde, após 30s do instante em que foi solta. Nesta pasta de consistência normal que são determinados os ensaios de tempos de pega e expansibilidade do cimento.

Ensaio realizado numa sala climatizada com UR > 50% e temperatura 20 ± 2 °C e materiais constituintes também nesta temperatura. A água e o cimento são misturados no misturador mecânico. A massa de cimento é sempre 500g (em cada tentativa); a água é determinada por tentativas até atingir a consistência normal; após algumas tentativas, obtém a pasta de consistência normal e anota-se a quantidade de água requerida.

A água é expressa em porcentagem, em relação a massas de cimento, arredondada ao décimo mais próximo. (a/c \approx 28% a 35%). Faz-se uma nova pasta para determinação dos tempos de pega.

● **ENSAIO DE TEMPOS DE PEGA: NBR NM 65/2003**

Esta norma prescreve o método da determinação do tempo de pega da pasta de cimento Portland utilizando a agulha do aparelho de Vicat, numa pasta de consistência normal. Pega =

mudança de estado fluido para estado sólido. Armazenar a pasta recém-moldada na câmara úmida.

Fazer 1ª leitura depois de, pelo menos, 30 min. Repetir as leituras no mesmo CP com intervalos de tempo espaçados. Retornar o molde + CP para câmara úmida após cada leitura. Apresenta-se na Figura I.2 o aparelho e a agulha de Vicat.

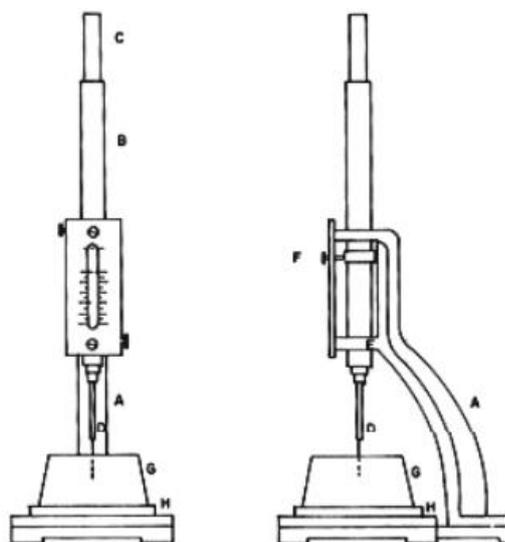


Figura I.2 – Aparelho e agulha de Vicat

O tempo de início de pega é considerado ensaio de recebimento. O tempo de início de pega é definido como o tempo decorrido desde a adição da água ao cimento até o momento em que a agulha do aparelho de Vicat, em condições normalizadas de ensaio, penetra a pasta até uma distância de 4 ± 1 mm, no fundo do molde conforme apresentado na Figura I.3.

O tempo de fim de pega (não é ensaio de recebimento, é facultativo). O tempo de fim de pega é definido como o tempo decorrido desde a adição da água ao cimento até o momento em que a agulha de Vicat penetra 0,5 mm na pasta, em condições de ensaio normalizada. Deve-se inverter o molde cheio de pasta. As leituras são feitas na superfície em contato com a base conforme apresentado na Figura I.3.

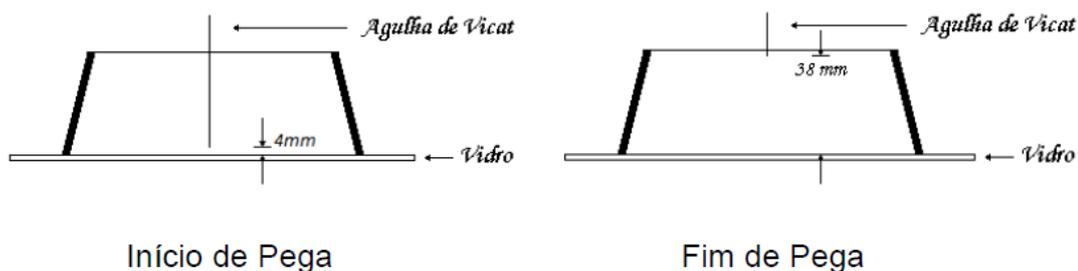


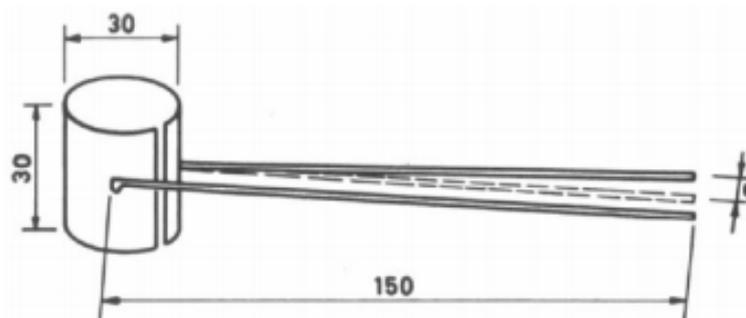
Figura I.3 – Ilustração da determinação do início e fim de pega de cimentos Portland

Classificação dos cimentos quanto à pega: Pega Normal $> 1h$; Pega Rápida $< 1h$. O tempo de pega do cimento somente dá uma ideia do tempo disponível para se trabalhar com o concreto fabricado com aquele cimento.

• **ENSAIO DE EXPANSIBILIDADE: AGULHAS DE LE CHATELIER (NBR 11582/2012)**

Esta norma prescreve o método da determinação das expansibilidades a quente e a frio da pasta de cimento. Indesejáveis expansões volumétricas bem posteriores ao endurecimento do concreto devido à hidratação lenta de alguns compostos (MgO livre e CaO livre). Ensaio realizado numa sala climatizada com UR $> 50\%$ e temperatura 20 ± 2 °C e materiais constituintes também nesta temperatura.

A determinação da expansibilidade também é feita numa pasta de consistência normal. Apresenta-se na Figura I.4 a Agulha de Le Chatelier utilizada para determinação da expansibilidade em uma pasta de cimento.



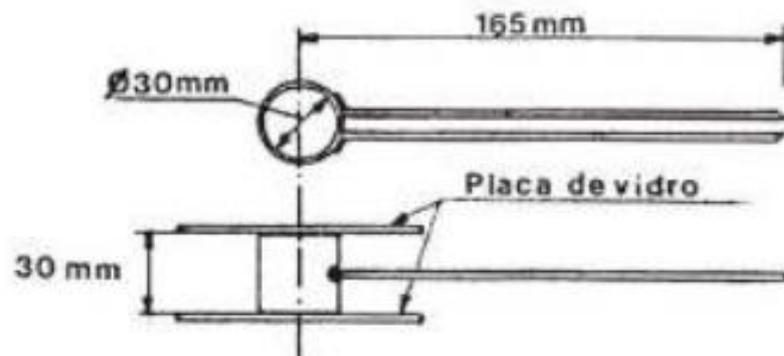


Figura I.4 – Agulha de Le Chatelier

Fonte: Neville (1995)

• **ENSAIO A QUENTE (NBR 11582/2012) – RECEBIMENTO**

Medir os afastamentos das extremidades de 3 agulhas, em mm, após 3h em ebulição. Ler a cada 2h até que não haja variação de afastamento das hastes. A expansibilidade a quente é a diferença do último afastamento e o afastamento inicial feito antes do aquecimento (após 24 horas em água em temperatura ambiente). O resultado é a média de três determinações, expresso em milímetros, com precisão de 0,5 mm.

Apresentam-se na Figura I.5 algumas fotos dos ensaios de cimento Portland realizados no Laboratório de Ensaio de Materiais (LEM) da Universidade de Brasília (UnB) conforme apresentado neste Apêndice.



Figura I.5 – Ensaio realizado em cimentos Portland
 Fonte: Acervo do autor

(I.C) APLICAÇÃO NA FERRAMENTA

A aplicação da metodologia/ferramenta proposta pode ser demonstrada na Figura I.6.

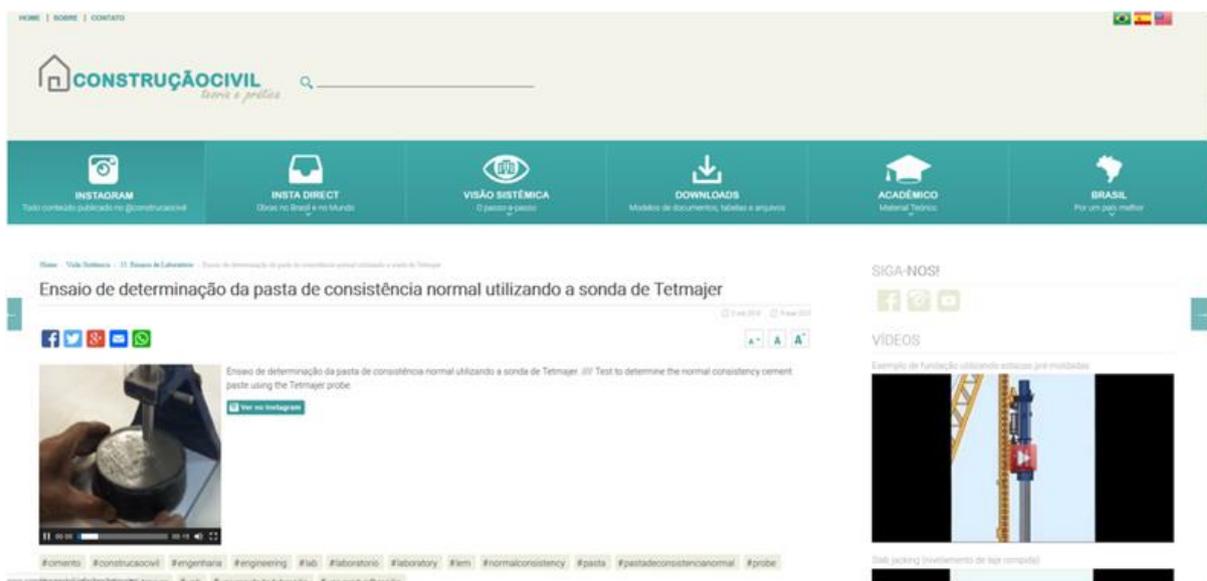


Figura I.6 – Demonstração da ferramenta para cimentos Portland

APÊNDICE J – Concretos de Cimentos Portland

O concreto de cimento Portland é o mais importante material estrutural e de construção civil da atualidade. Mesmo sendo o mais recente dos materiais de construção de estruturas, pode ser considerado como uma das descobertas mais interessantes da história do desenvolvimento da humanidade e sua qualidade de vida.

Sua descoberta no fim do século XIX e seu intensivo uso no século XX, que o transformaram no material mais consumido pelo homem depois da água, revolucionaram a arte de projetar e construir estruturas cuja evolução sempre esteve associada ao desenvolvimento das civilizações ao longo da história da humanidade.

Na antiguidade, os egípcios foram grandes construtores e dominaram a arte de construir estruturas com blocos de rocha, mas não esgotaram o enorme potencial desse material. Os engenheiros da idade média ainda levariam aos mais belos usos esse nobre material de construção, com a construção das espetaculares igrejas góticas, explorando os limites construtivos de estruturas em rocha. A rocha começou a ser usada com tecnologia por volta de 2.750 a.C. no Egito, e permaneceu como líder dos materiais estruturais por 4500 anos até a chegada do aço e das estruturas metálicas, por ocasião da Revolução Industrial (1750 a 1850 d.C.).

Na mistura do concreto, o Cimento Portland, juntamente com a água forma uma pasta mais ou menos fluida, dependendo do percentual de água adicionado. Essa pasta envolve as partículas de agregados com diversas dimensões para produzir um material, que, nas primeiras horas, apresenta-se em um estado capaz de ser moldada em fôrmas das mais variadas formas geométricas. Com o tempo, a mistura endurece pela reação irreversível da água com o cimento, adquirindo resistência mecânica capaz de torná-lo um material de excelente desempenho estrutural, sob os mais diversos ambientes de exposição (IBRACON, 2010).

O concreto de Cimento Portland deve conter cimento, água e agregados, além da possibilidade de contar com aditivos, pigmentos, fibras, agregados especiais e adições minerais, cujos empregos tornam-se cada vez mais frequentes nos concretos atuais. A proporção entre os diversos constituintes é buscada pela tecnologia do concreto, para atender

simultaneamente as propriedades mecânicas, físicas e de durabilidade requeridas para o concreto, além das características de trabalhabilidade necessárias para o transporte, lançamento e adensamento, condições estas que variam caso a caso. A fluidez da pasta, constituída de cimento e água, dependerá, essencialmente, da distribuição granulométrica do cimento e da quantidade de água adicionada, que é expressa pela relação água/cimento em que quanto maior for essa relação, mais fluida será a pasta (IBRACON, 2010).

Existem diversas normas brasileiras referentes a estruturas de concreto armado e seus constituintes, que devem sempre ser consultadas por profissionais de engenharia e arquitetura que trabalhem direta ou indiretamente com este material de construção. A norma NBR 6118 (ABNT, 2014) determina os procedimentos básicos para dimensionamento de estruturas de concreto simples, armado e protendido, não só referente às cargas atuantes, mas também no que diz respeito à durabilidade das estruturas de concreto, orientando especificações do concreto, em função das condições de agressividade em que a estrutura esteja inserida. A norma NBR 9062 (ABNT, 2006) estabelece procedimentos específicos para o projeto, execução e controle de estruturas de concreto pré-fabricado. A NBR 8953 (ABNT, 2009) classifica os concretos para fins estruturais por grupos de resistência à compressão.

A NBR 12654 (ABNT, 1992) estabelece procedimentos para realização do controle tecnológico dos materiais empregados na produção do concreto. Segundo essa norma, deve-se elaborar um programa de controle tecnológico, levando em consideração o grau de responsabilidade da estrutura, as condições de agressividade existentes no local da obra e o conhecimento prévio das características dos materiais disponíveis para a execução, além de outras condições estabelecidas pelos tecnologistas.

Outra norma brasileira de grande importância é a NBR 12655 (ABNT, 2006), que trata do preparo, controle e recebimento do concreto. Essa norma estabelece responsabilidades para a produção do concreto e critérios gerais para recebimento, estocagem e produção do concreto. Define também o cálculo da resistência de dosagem e resistência característica à compressão máxima a ser adotada no projeto, em função das condições de preparo do concreto. Estabelece especificações para o concreto que está exposto a ambientes sulfatados, e percentuais máximos de contaminação com cloretos, a partir da contaminação individual dos seus componentes e em função do tipo de concreto (armado ou protendido), bem como da

agressividade do meio. Essa norma ainda determina critérios para aceitação do concreto, definindo parâmetros para amostragem e análise estatística para aprovação dos lotes.

A NBR 14931 (ABNT, 2004) estabelece procedimentos para execução de estruturas de concreto armado, envolvendo não só o material concreto, mas o aço e as fôrmas. É uma norma ampla, que atribui responsabilidades aos profissionais envolvidos na execução, no que diz respeito ao controle de documentos, organização do canteiro de obras para recebimento e estocagem dos componentes. Especificamente quanto ao concreto, essa norma estabelece a necessidade da elaboração de planos de concretagem; define critérios para lançamento e adensamento do concreto; juntas de concretagem; cura; desfôrma; entre outras recomendações importantes (IBRACON, 2010).

A NBR 7212 (ABNT, 1984) recomenda procedimentos para produção de concreto dosado em central, incluindo as operações de armazenamento dos materiais, dosagem, mistura, transporte, recebimento, controle de qualidade, inspeção, aceitação e rejeição do concreto do ponto de vista do produtor de concreto em empresas de serviços de concretagem. A NBR 15900 (ABNT, 2010) estabelece as características da água de amassamento para serem adequadas ao uso nos concretos estruturais.

No Brasil, assim como em outros países do mundo, o concreto tem um papel de destaque sendo o principal e mais consumido material de construção. Ao olhar a história da humanidade, principalmente aquela escrita por obras de arquitetura e engenharia, é interessante constatar como as grandes mudanças na forma de construir se devem à descoberta de novos materiais estruturais e como o domínio do conhecimento sobre materiais estruturais marcaram o poder e o desenvolvimento das nações ao longo dos anos (Págs. 945-983 em IBRACON, 2010).

(J.A) NORMAS UTILIZADAS

As normas utilizadas nos ensaios de concretos de cimento Portland realizados na Universidade de Brasília (disciplina de Materiais de Construção Experimental I) estão apresentadas na Tabela J.1.

Tabela J.1 – Normas utilizadas nos ensaios de concretos de cimento Portland

Norma	Conteúdo
NBR 6118/2014	Projeto de estruturas de concreto — Procedimento.
NBR NM 67/1996	Determinação da consistência do concreto fresco através do abatimento do tronco de cone.
NBR 5738/2007	Procedimentos para moldagem e cura dos corpos-de-prova de concreto.
NBR 5739/2007	Tratamentos que podem ser empregados no topo dos corpos-de-prova, a velocidade de carregamento, a umidade dos corpos-de-prova e outras condições de ensaio que possam influenciar nos resultados.
NBR 12655/2006	Concreto de cimento Portland - Preparo, controle e recebimento – Procedimento.

(J.B) DESCRIÇÃO DOS CONCEITOS E ENSAIOS REALIZADOS EM LABORATÓRIO

• DOSAGEM RACIONAL DO CONCRETO

Conceito: Conjunto de procedimentos adotados para a determinação da composição do concreto (traço), expressa pelas proporções relativas (massa ou volume) dos materiais constituintes.

Proporcionamento adequado dos materiais constituintes do concreto (cimento, agregado miúdo, agregado graúdo e água), de modo a atender propriedades nos estados fresco e endurecido, ao menor custo possível.

No Brasil, ainda não há um texto consensual de como deve ser um estudo de dosagem – norma brasileira. Existem diversos métodos de dosagem (ex.: ABCP, INT, ITERS, Módulo de Finura, Prof. Giamusso, Prof. Aïtcin, De Larrard, entre outros).

Método de dosagem utilizado no Laboratório de Ensaio de Materiais (LEM) da UnB: o método de dosagem descrito no Livro: Manual de dosagem e controle do concreto. Autores: Paulo Helene e Paulo Terzian (Capítulo 6).

O método: Consiste em traçar um diagrama de dosagem (curva) a partir de resultados experimentais, correlacionando-se quatro parâmetros de mistura (f_{cj} , a/c , m e C), como

definidos adiante. Para obter o diagrama, ou seja, para se definir a curva, são necessários, pelo menos três pontos.

Cada ponto no gráfico corresponde a um concreto que será produzido experimentalmente no laboratório. Serão produzidos três concretos (ou três traços). Cada traço tem resistência diferente.

Traço Piloto (ponto intermediário da curva, ou seja, resistência intermediária); Traço Rico (ponto extremo superior); Traço Pobre (ponto extremo inferior).

Uma vez traçado o diagrama de dosagem, pode-se obter a dosagem desejada. Ao final do estudo de dosagem será explicada a validade deste diagrama. Apresenta-se na Figura J.1 um diagrama de dosagem teórico.

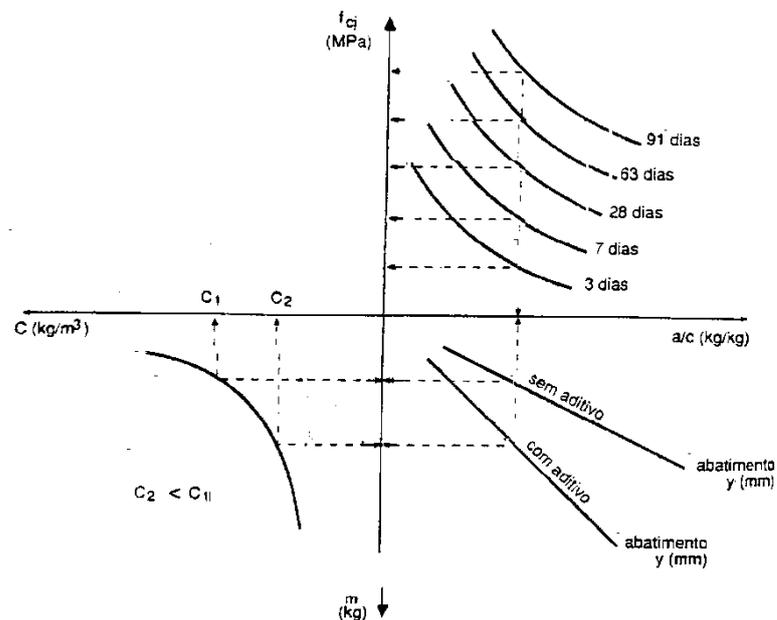


Figura J.1 – Diagrama de dosagem do concreto
Fonte: Helene e Terzian (1992)

Antes de se iniciar a dosagem do concreto no laboratório é necessário saber como será o lançamento deste concreto para definir seu abatimento (*slump*) e ver o projeto estrutural para definir o $D_{máx}$.

Alguns parâmetros de mistura que serão usados no método de dosagem: Relação a/c; m = relação agregados secos/cimento, do traço unitário, em massa seca: 1:a:p:a/c. No método, os valores de “m” estão definidos iguais a 3,5 , 5 e 6,5.

Apresenta-se na Equação J.1 a o parâmetro “m” (relação agregados secos/cimento).

$$m = \frac{a + p}{1}$$

Equação J.1 – Relação agregados secos/cimento

Alguns parâmetros de mistura que serão usados no método de dosagem: Teor de Argamassa Seca (A_{seca}) conforme apresentado na Equação J.2.

$$A_{seca} = \frac{1 + a}{1 + a + p} \cdot 100$$

Equação J.2 – Teor de argamassa seca na dosagem de concretos de cimentos Portland

Relação água materiais secos (H%) apresentado na Equação J.3.

$$H\% = \frac{a/c}{1 + m} \times 100$$

Equação J.3 – Relação água / materiais secos

Consumo de cimento Portland em kg/m³ apresentado na Equação G4.

$$C(\text{kg} / \text{m}^3) = \frac{1000 - ar}{\left(\frac{1}{\gamma_{cim}} + \frac{a}{\gamma_a} + \frac{p}{\gamma_p} + \frac{a}{c} \right)}$$

Equação J.4 – Consumo de cimento na dosagem de concretos de cimentos Portland

Resistência à compressão a “j” dias de idade apresentado na Equação J.5.

$$f_{cj} = f_{ck} + 1,65.S_d$$

Equação J.5 – Resistência característica do concreto à compressão

Onde:

f_{ck} é a resistência característica do concreto, à compressão;

S_d é o desvio padrão de dosagem, que depende das condições de preparo.

Determinação do Traço Piloto (por definição do método: $m = 5$). O objetivo: obter o A_{seca} “ideal”.

Metodologia: parte-se de um concreto com $m = 5$ e com teor de A_{seca} baixo, ou seja, com muita pedra e pouca argamassa. Aos poucos, se vai corrigindo o traço, ou seja, adicionando-se cimento e areia. Com isso o A_{seca} vai aumentando até o valor “ideal”.

O parâmetro A_{seca} não pode ser baixo porque o concreto fica pouco argamassado (empedrado). O parâmetro A_{seca} não pode ser alto porque fica com consumo de cimento mais elevado e isso aumenta o custo além de ficar mais suscetível a ocorrer retração de origem térmica. O parâmetro A_{seca} é determinado experimentalmente, por tentativas até obter o A_{seca} ideal.

Exemplo: Adotar $A_s = 54\%$; Traço unitário = 1: 2,24: 2,76. Traço em massa: 10,174 kg: 22,79 kg: 28,08 kg.

Determinações do Traço Rico (por definição do método: $m = 3,5$): adota-se o mesmo A_{seca} na extensão do diagrama entre o traço rico e o pobre. Observação: pode-se ou não usar toda água estimada.

Determinação do Traço Pobre (por definição do método: $m = 6,5$): adota-se o mesmo A_{seca} na extensão do diagrama entre o traço rico e o pobre; repete-se o procedimento do traço rico. Com os dados obtidos experimentalmente, elabora-se uma tabela (utilizando a Tabela J.2 como base) e marcam-se os pontos no diagrama de dosagem, nos três quadrantes.

Tabela J.2 – Tabela base para dosagem de concretos

Traço	Abatimento ou slump (cm)	A seca (%)	a/c	m=a+p	C (kg/m ³)	H (%)	fc,7 (MPa)	fc,28 (MPa)
Pobre		Igual ao do Piloto		6,5		Semelhante ao do piloto		
Piloto				5,0				
Rico		Igual ao do Piloto		3,5		Semelhante ao do piloto		

Unem-se os pontos do 1º quadrante, correlacionando-se f_{cj} e a/c , obtendo uma curva exponencial. A equação desta curva é a Lei de Abrams (1918) (Equação J.6), obtida por regressão matemática. Pode-se determiná-la usando-se o software Excel que utiliza o método dos mínimos quadrados.

$$f_{cj} = \frac{K_1}{K_2^{a/c}}$$

Equação J.6 – Lei de Abrams

Onde:

f_{cj} = resistência à compressão axial, à idade j , em MPa

k_1 e k_2 = constantes que dependem exclusivamente dos materiais

a/c = relação água/cimento

Unem-se os pontos do 4º quadrante, correlacionando-se m e a/c , obtendo uma reta. (A equação desta reta também pode ser obtida por regressão matemática). Unem-se os pontos do 3º quadrante, correlacionando-se m e C obtendo uma curva exponencial. (A equação desta curva, que é a lei de Molinari, também pode ser obtida por regressão matemática).

Apresentam-se na Figura G2 e na Figura G3 exemplos do diagrama de dosagem de concretos utilizando o método de Helene e Terzian (1992)

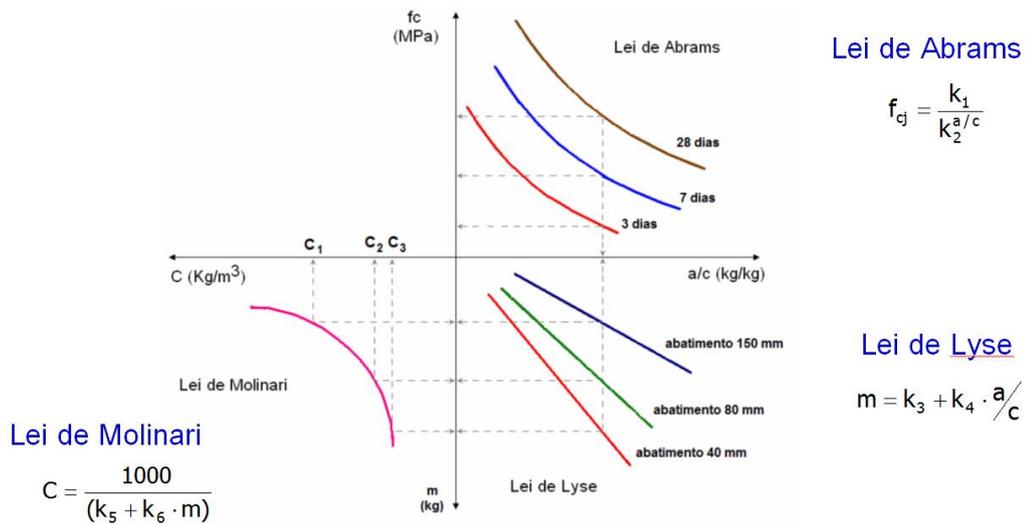


Figura J.2 – Diagrama de dosagem de concretos – Exemplo 1

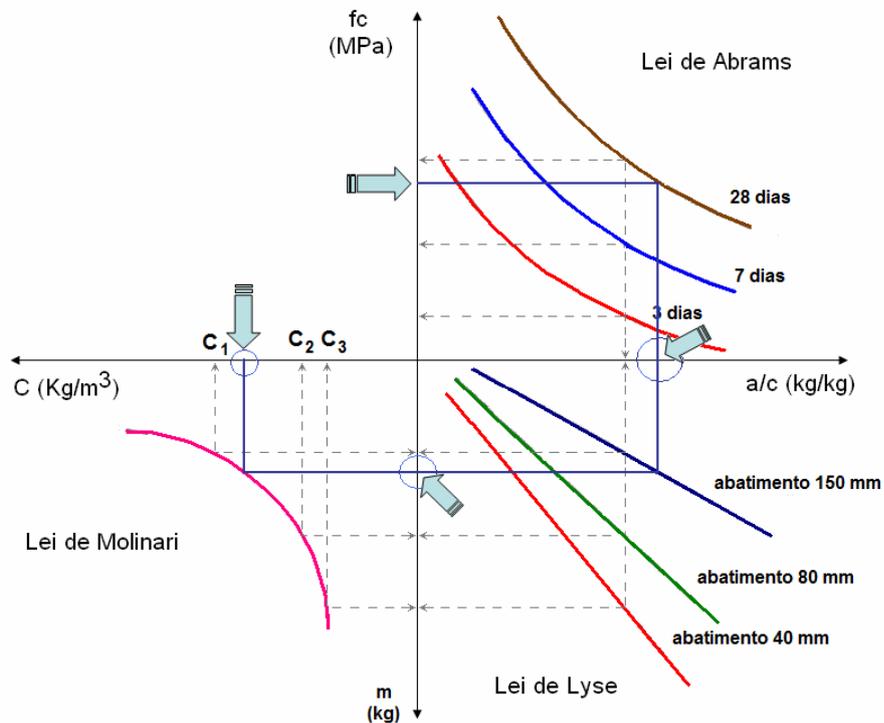


Figura J.3 – Diagrama de dosagem de concretos – Exemplo 2

Apresentam-se na Tabela J.3 informações iniciais na dosagem do concreto. Apresentam-se na Tabela J.4 as variáveis na dosagem do concreto. Apresentam-se na Tabela J.5 um modelo para organização e cálculo da resistência à compressão do concreto.

Tabela J.3 – Informações iniciais na dosagem do concreto

Método Helene-Terzian	Traço Inicial:	Slump = 10 ± 2 cm	Tipo de Areia:	Natural (Rio Corumbá)	
TRAÇO PILOTO:	1:5	Tipo de Cimento:	CP II Z - 32 RS	Tipo de Brita:	Jazida da Ciplan

Tabela J.4 – Variáveis na dosagem do concreto

Alfa (As %)	c	a	p	cimento (kg)	areia (kg)	brita (kg)	var. cimento (kg)	var. areia (kg)	água (L)	slump (cm)	água/cimento
48,00	1	1,88	3,12	8,333	15,666	26,000	0,000	0,000	4,30	5,5 ± 2 cm	0,52
51,00	1	2,06	2,94	8,844	18,218	26,000	0,511	2,552	5,00	7,5 ± 2 cm	0,57
54,00	1	2,24	2,76	9,420	21,101	26,000	0,576	2,883	5,58	9,7 ± 2 cm	0,59
57,00	1	2,42	2,58	10,078	24,388	26,000	0,658	3,287			0,00
60,00	1	2,60	2,40	10,833	28,167	26,000	0,755	3,779			0,00
63,00	1	2,78	2,22	11,712	32,559	26,000	0,879	4,392			0,00

Tabela J.5 – Calculo da resistência à compressão do concreto

CP	Data da Moldagem	Data do Rompimento	Idade	Peso (kg)	Diâmetro (cm)	Altura (cm)	Carga (kgf)	Tensão (MPa)	Tipo de Ruptura	Tempo (s)	OBS.
1	30/mai	06/jun	7 dias	3,927	10	20	20.330	25,88			
2	30/mai	06/jun	7 dias	3,957	10	20	20.660	26,31			
3	30/mai	06/jun	7 dias	3,39	10	20	8.380	10,67			
4	30/mai	06/jun	7 dias	3,507	10	20	11.790	15,01			
5	30/mai	06/jun	7 dias	3,972	10	20	16.850	21,45			
6	30/mai	06/jun	7 dias	4,004	10	20	19.870	25,30			
7	30/mai	06/jun	7 dias	3,913	10	20	9.310	11,85			
8	30/mai	06/jun	7 dias	3,903	10	20	10.040	12,78			

Apresentam-se na Tabela J.6 exemplos de dados de dosagem de concreto. Apresenta-se na Tabela J.7 dados do traço piloto; na Tabela J.8 dados do traço rico e na Tabela J.9 dados do traço pobre. Apresenta-se na Figura J.4 o diagrama de dosagem (feito no Excel) do exemplo.

Tabela J.6 – Exemplo de dados de dosagem de concreto

Nomenclatura	Traço	Abatimento (cm)	Fc28 (MPa)	alfa	a/c	ar (%)	m	Fc28 (MPa)	C (kg/m ³)	m
Traço rico	1:3,5	12,5	41,5	0,56	0,45	0	3,5	41,5	505,1	3,5
Traço piloto	1:5,0	12	32,5	0,56	0,56	0	5	32,5	381,1	5
Traço pobre	1:6,5	12,5	25	0,56	0,65	0	6,5	25	306,7	6,5
Densidade do Concreto (kg/m ³) =				2500						

Tabela J.7 – Dados de traço piloto

Traço Piloto				
m =	5			
a =	2,36			
p =	2,64			
C (consumo cimento em kg/m ³) =	381,1			
Traço Piloto [(1 : a : p : (a/c)] =	1 :	2,36	2,64	0,56

Tabela J.8 – Dados de traço rico

Traço Rico				
m =	3,5			
a =	1,52			
p =	1,98			
C (consumo cimento em kg/m ³) =	505,1			
Traço Rico [(1 : a : p : (a/c)] =	1 :	1,52	1,98	0,45

Tabela J.9 – Dados de traço pobre

Traço Pobre				
m =	6,5			
a =	3,2			
p =	3,3			
C (consumo cimento em kg/m ³) =	306,7			
Traço Pobre [(1 : a : p : (a/c)] =	1 :	3,20	3,30	0,65

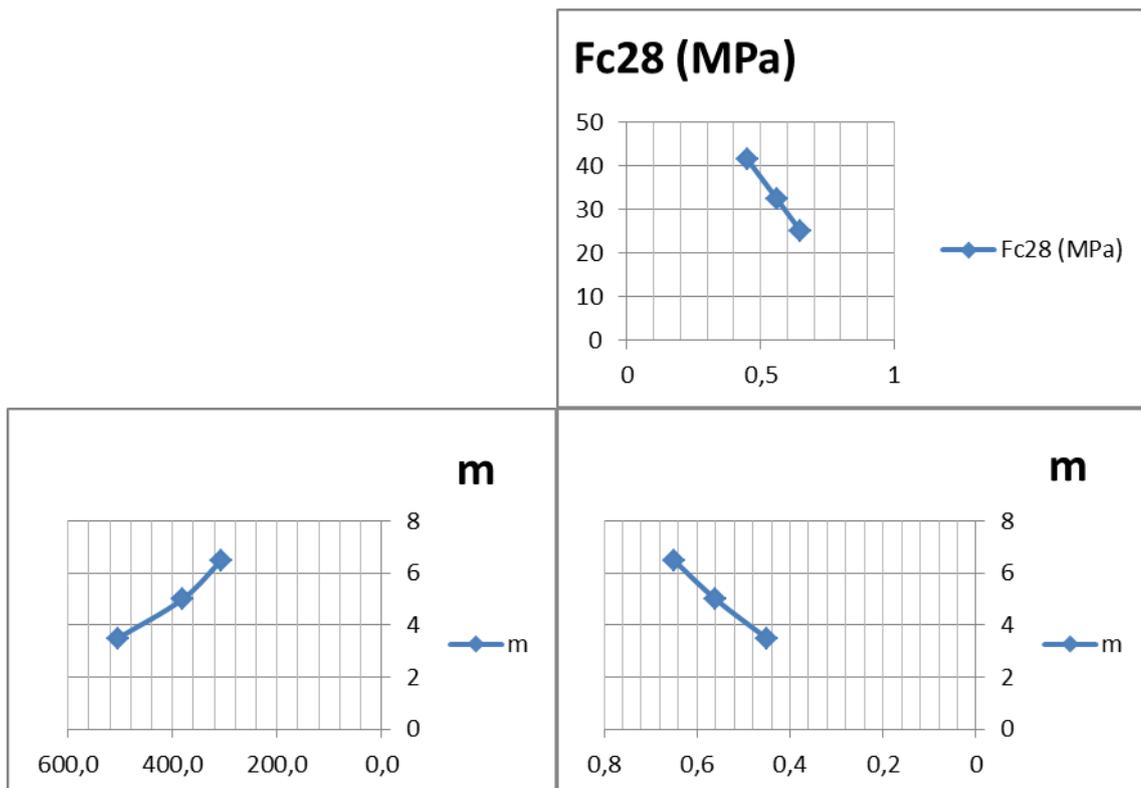


Figura J.4 – Diagrama de dosagem de concreto feito no Excel (exemplo prático)

Exemplo 2: Construir o diagrama de dosagem do concreto com base nos dados apresentados na Tabela J.10.

Tabela J.10 – Dosagem do concreto

Traço	Abatimento (cm)	Fc28 (MPa)	alfa	a/c	ar (%)
1:3,5	12,5	41,5	0,56	0,45	0
1:5,0	12	32,5	0,56	0,56	0
1:6,5	12,5	25,0	0,56	0,65	0

Para o TRAÇO PILOTO (1:5,0) temos que:

$$\alpha = \frac{1+a}{1+m} \Rightarrow 0,56 = \frac{1+a}{1+5}$$

$$\therefore a = 2,36$$

$$m = a + p$$

$$5 = 2,36 + p$$

$$p = 2,64$$

Então o traço piloto (1 : a : p : (a/c)) será = 1 : 2,36 : 2,64 : 0,56.

Cálculo do Consumo de Cimento do traço piloto:

$$C = \frac{2500}{1+a+p+\frac{a}{c}} = \frac{2500}{1+2,36+2,64+0,56} = 381,1 \text{ kg} / \text{m}^3$$

Para o TRAÇO RICO (1:3,5) temos que:

$$\alpha = \frac{1+a}{1+m} \Rightarrow 0,56 = \frac{1+a}{1+3,5}$$

$$\therefore a = 1,52$$

$$m = a + p$$

$$3,5 = 1,52 + p$$

$$p = 1,98$$

Então o traço rico (1 : a : p : (a/c)) será = 1 : 1,52 : 1,98 : 0,45.

Cálculo do Consumo de Cimento do traço rico:

$$C = \frac{2500}{1+a+p+\frac{a}{c}} = \frac{2500}{1+1,52+1,98+0,45} = 505,05 \text{ kg} / \text{m}^3$$

Para o TRAÇO POBRE (1:6,5) temos que:

$$\alpha = \frac{1+a}{1+m} \Rightarrow 0,56 = \frac{1+a}{1+6,5}$$

$$\therefore a = 3,2$$

$$m = a + p$$

$$6,5 = 3,2 + p$$

$$p = 3,3$$

Então o traço pobre (1 : a : p : (a/c)) será = 1 : 3,2 : 3,3 : 0,65.

Cálculo do Consumo de Cimento do traço pobre:

$$C = \frac{2500}{1+a+p+\frac{a}{c}} = \frac{2500}{1+3,2+3,3+0,65} = 306,75 \text{ kg} / \text{m}^3$$

Apresenta-se na Figura G5 o diagrama de dosagem do concreto do Exemplo 2.

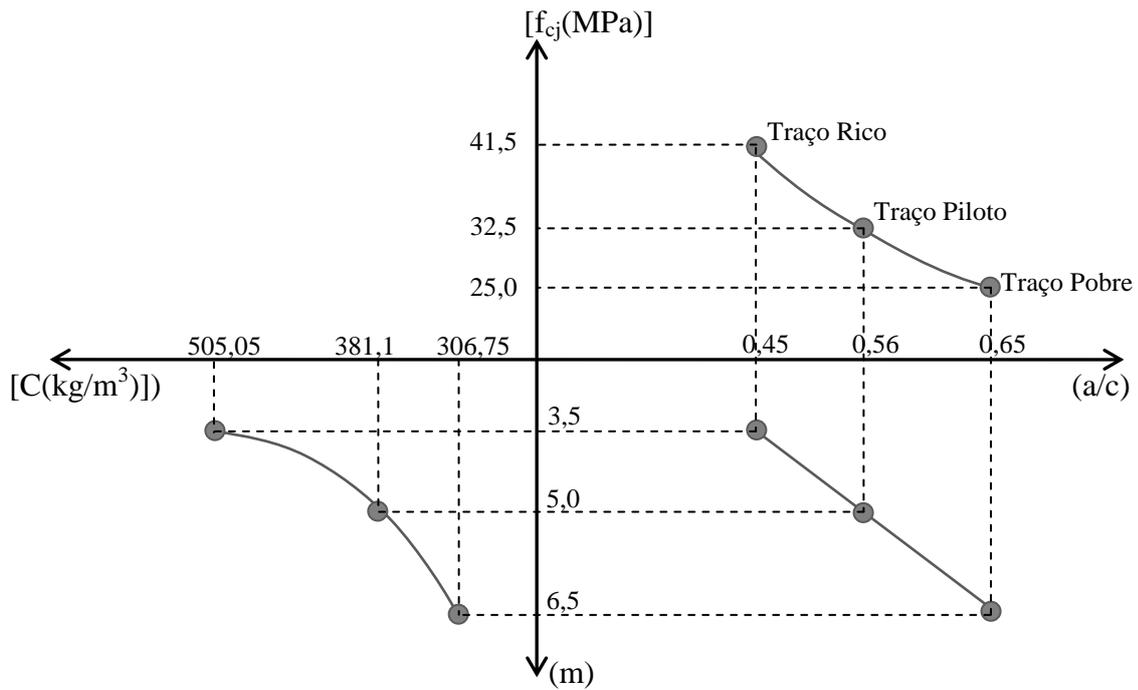


Figura J.5 – Traçando o diagrama de dosagem do concreto

Exemplo 3: a partir do diagrama de dosagem, determine um traço de concreto para $f_{ck} = 30$ MPa considerando o desvio da ABNT NBR 12655/2006 para um controle tipo A ($S_d = 4,0$ MPa). Obs: Apresentar o traço unitário em volume relativo aos materiais secos e o consumo de cimento. Dados: Massa específica cimento = $3,10 \text{ kg/dm}^3$; Massa específica areia = $2,63 \text{ kg/dm}^3$; Massa unitária areia = 1470 kg/m^3 ; Massa específica da brita = $2,74 \text{ kg/dm}^3$; Massa unitária da brita = 1430 kg/m^3 .

Solução:

$$f_{cj} = f_{ck} + 1,65 \cdot S_d$$

$$f_{cj} = 30 + 1,65 \cdot 4 = 36,6 \text{ MPa}$$

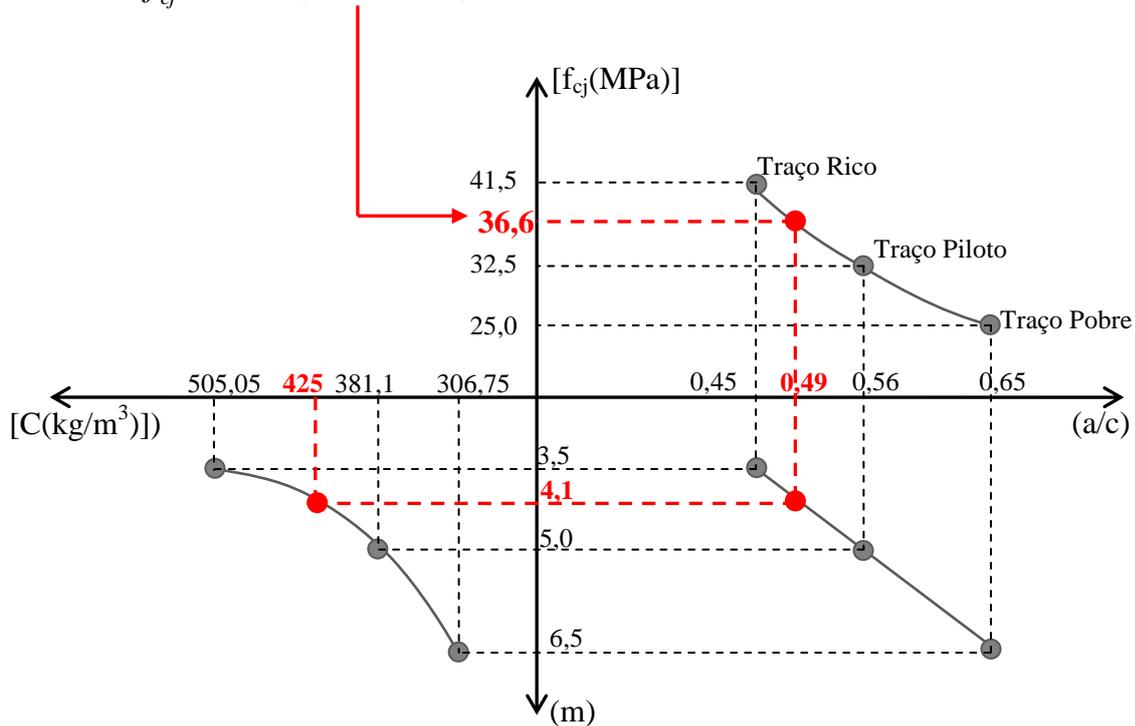


Figura J.6 – Avaliação da resistência à compressão com as demais variáveis no diagrama de dosagem do concreto

Cálculos efetuados:

$$\alpha = \frac{1+a}{1+m} \Rightarrow 0,56 = \frac{1+a}{1+4,1}$$

$$\therefore a = 1,85$$

$$m = a + p$$

$$4,1 = 1,85 + p$$

$$p = 2,25$$

Então o traço (em massa) do concreto (1: a: p: (a/c)) para f_{ck} de 30 MPa será = 1 : 1,85 : 2,25 : 0,49. O traço unitário (volume relativo aos materiais secos) = 1 : 1,85 : 2,25 : 0,49. 1 saco de cimento = 50kg. Portanto, o traço em massa ficaria: 50: 92,5: 112,5: 24,5 → traço em massa por saco de cimento. Lembrete: 1 m^3 de água = 1000 l

$$\text{Massa unitária da areia} = 1470 \text{ kg/m}^3 \rightarrow \frac{92,5}{1470} = 0,06 \text{ m}^3 \approx 60 \text{ l}$$

$$\text{Massa unitária da brita} = 1430 \text{ kg/m}^3 \rightarrow \frac{112,5}{1430} = 0,078 \text{ m}^3 \approx 78 \text{ l}$$

Portanto, o traço em volume relativo pode ser dado por: 1 saco de cimento : 60 litros de areia : 78 litros de brita : 24,5 litros de água; OU 1 saco de cimento : 0,06 m³ de areia : 0,078 m³ de brita : 0,0245 m³ de água

Apresentam-se na Figura J.7 e na Figura J.8 exemplos dos ensaios em concretos de cimento Portland realizados na Universidade de Brasília conforme apresentado nesse Apêndice.

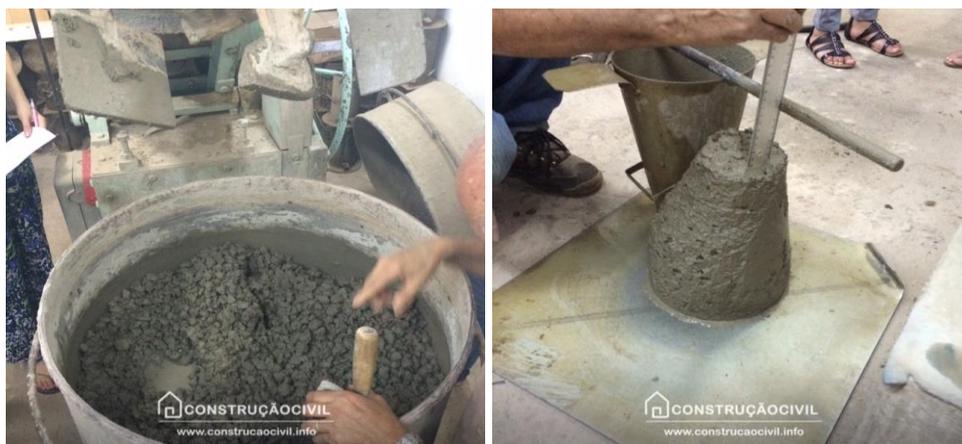


Figura J.7 – Ensaio em concretos de cimento Portland na UnB – slump test
Fonte: Acervo do autor



Figura J.8 – Ensaio em concretos de cimento Portland na UnB – ensaio de resistência à compressão do concreto
Fonte: Acervo do autor

(J.C) APLICAÇÃO NA FERRAMENTA

Apresenta-se na Figura J.9 a aplicação da metodologia na ferramenta desenvolvida neste trabalho.

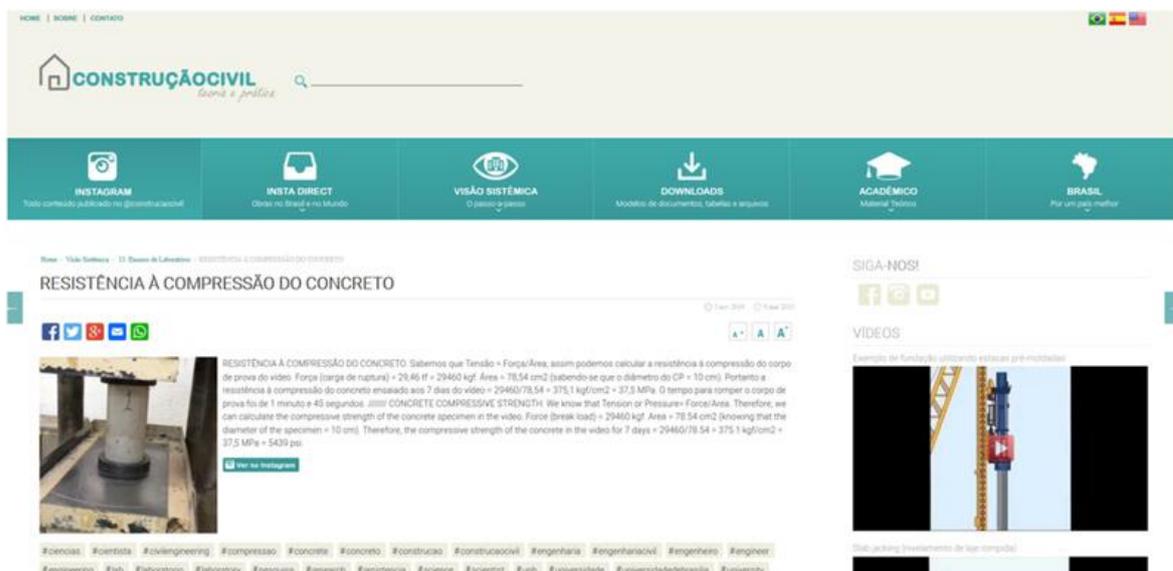


Figura J.9 – Demonstração da ferramenta para concreto de cimento Portland

APÊNDICE K – Argamassas

Argamassas são materiais de construção, com propriedades de aderência e endurecimento, obtidos a partir da mistura homogênea de um ou mais aglomerantes, agregado miúdo (areia) e água, podendo conter ainda aditivos e adições minerais.

As argamassas são materiais muito empregados na construção civil, sendo os seus principais usos no assentamento de alvenarias e nas etapas de revestimento, como emboço, reboco ou revestimento de camada única de paredes e tetos, além de contrapisos para a regularização de pisos e ainda no assentamento e rejuntamento de revestimentos de cerâmica e pedra (IBRACON, 2010).

As argamassas modernas geralmente possuem em sua composição também o cimento Portland e, muito frequentemente, aditivos orgânicos para melhorar algumas propriedades, como a trabalhabilidade. Esses aditivos são, por exemplo, os incorporadores de ar que modificam a reologia da massa fresca pela introdução de pequenas bolhas de ar, ou mesmo os aditivos retentores de água (à base de ésteres de celulose, os quais regulam a perda da água de amassamento). Já no final do século XIX surgiram, na Europa e nos Estados Unidos, as argamassas industrializadas, misturas prontas, dosadas em plantas industriais, para as quais, na obra, só é necessária a adição de água, as quais são muito empregadas atualmente também no Brasil (IBRACON, 2010).

As argamassas podem ser classificadas com relação a vários critérios, alguns dos quais são propostos na Tabela K.1.

Tabela K.1 – Classificação das argamassas

Critério de classificação	Tipo
Quanto à natureza do aglomerante	<ul style="list-style-type: none">• Argamassa aérea• Argamassa hidráulica
Quanto ao tipo de aglomerante	<ul style="list-style-type: none">• Argamassa de cal• Argamassa de cimento• Argamassa de cimento e cal• Argamassa de gesso• Argamassa de cal e gesso
Quanto ao número de aglomerantes	<ul style="list-style-type: none">• Argamassa simples• Argamassa mista

Quanto à consistência da argamassa	<ul style="list-style-type: none"> • Argamassa seca • Argamassa plástica • Argamassa fluida
Quanto à plasticidade da argamassa	<ul style="list-style-type: none"> • Argamassa pobre ou magra • Argamassa média ou cheia • Argamassa rica ou gorda
Quanto à densidade de massa da argamassa	<ul style="list-style-type: none"> • Argamassa leve • Argamassa normal • Argamassa pesada
Quanto à forma de preparo ou fornecimento	<ul style="list-style-type: none"> • Argamassa preparada em obra • Mistura semipronta para argamassa • Argamassa industrializada • Argamassa dosada em central

Fonte: IBRACON (2010)

As argamassas podem também ser classificadas segundo sua função na construção, conforme resumo apresentado na Tabela K.2.

Tabela K.2 – Classificação das argamassas segundo as suas funções na construção

Função	Tipos
Para construção de alvenarias	Argamassa de assentamento (elevação de alvenaria)
	Argamassa de fixação (ou encunhamento) –alv. de vedação
Para revestimento de paredes e tetos	Argamassa de chapisco
	Argamassa de emboço
	Argamassa de reboco
	Argamassa de camada única
	Argamassa para revestimento decorativo monocamada
Para revestimento de pisos	Argamassa de contrapiso
	Argamassa de alta resistência para piso
Para revestimentos cerâmicos	Argamassa de assentamento de peças cerâmicas – colante
	Argamassa de rejuntamento
Para recuperação de estruturas	Argamassa de reparo

Fonte: IBRACON (2010)

A argamassa de assentamento de alvenaria é utilizada para a elevação de paredes e muros de tijolos ou blocos, também chamados de unidades de alvenaria. As principais funções das juntas de argamassa na alvenaria são: unir as unidades de alvenaria de forma a constituir um elemento monolítico, contribuindo na resistência aos esforços laterais; distribuir uniformemente as cargas atuantes na parede por toda a área resistente dos blocos; selar as juntas garantindo a estanqueidade da parede à penetração de água das chuvas; absorver as deformações naturais, como as de origem térmica e as de retração por secagem (origem higroscópica), a que a alvenaria estiver sujeita (IBRACON, 2010).

A argamassa de revestimento é utilizada para revestir paredes, muros e tetos, os quais, geralmente, recebem acabamentos como pintura, revestimentos cerâmicos, laminados, entre outros. O revestimento de argamassa pode ser constituído por várias camadas com características e funções específicas, conforme ilustrado na Figura K.1.

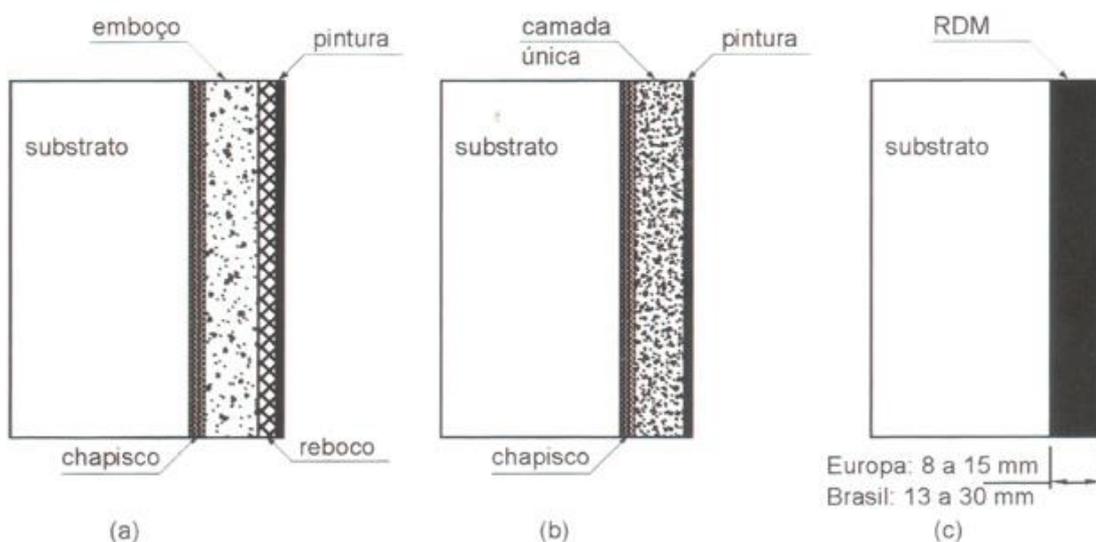


Figura K.1 – Diferentes alternativas de revestimento de paredes: (a) emboço + reboco + pintura (sistema mais antigo, atualmente pouco utilizado); (b) camada única + pintura ; (c) revestimento decorativo monocamada (RDM).

Fonte: IBRACON (2010)

Chapisco: camada de preparo da base, aplicada de forma contínua ou descontínua, com finalidade de uniformizar a superfície quanto à absorção e melhorar a aderência do revestimento.

Emboço: camada de revestimento executada para cobrir e regularizar a base, propiciando uma superfície que permita receber outra camada, de reboco ou de revestimento decorativo (por exemplo, cerâmica).

Reboco: camada de revestimento utilizada para cobrimento do emboço, propiciando uma superfície que permita receber o revestimento decorativo (por exemplo, pintura) ou que se constitua no acabamento final.

Camada única: revestimento de um único tipo de argamassa aplicado à base, sobre o qual é aplicada uma camada decorativa, como, por exemplo, a pintura; também chamado popularmente de “massa única” ou “reboco paulista” é atualmente a alternativa mais empregada no Brasil (IBRACON, 2010).

Revestimento decorativo monocamada (ou monocapa) – RDM: trata-se de um revestimento aplicado em uma única camada, que faz, simultaneamente, a função de regularização e decorativa, muito utilizado na Europa. A argamassa de RDM é um produto industrializado, ainda não normalizado no Brasil, com composição variável de acordo com o fabricante, contendo geralmente: cimento branco, cal hidratada, agregados de várias naturezas, pigmentos inorgânicos, fungicidas, além de vários aditivos (plastificante, retentor de água, incorporador de ar, entre outros).

As principais funções de um revestimento de argamassa de parede são: (1) proteger a alvenaria e a estrutura contra a ação do intemperismo, no caso dos revestimentos externos; (2) integrar o sistema de vedação dos edifícios, contribuindo com diversas funções como o isolamento térmico ($\approx 30\%$), isolamento acústico ($\approx 50\%$), estanqueidade à água (≈ 70 a 100%), segurança ao fogo e resistência ao desgaste e abalos superficiais; (3) regularizar a superfície dos elementos de vedação e servir como base para acabamentos decorativos, contribuindo para a estética da edificação (IBRACON, 2010).

Apresentam-se na Figura K.2 alguns fatores que exercem influência na aderência de argamassas sobre bases porosas.

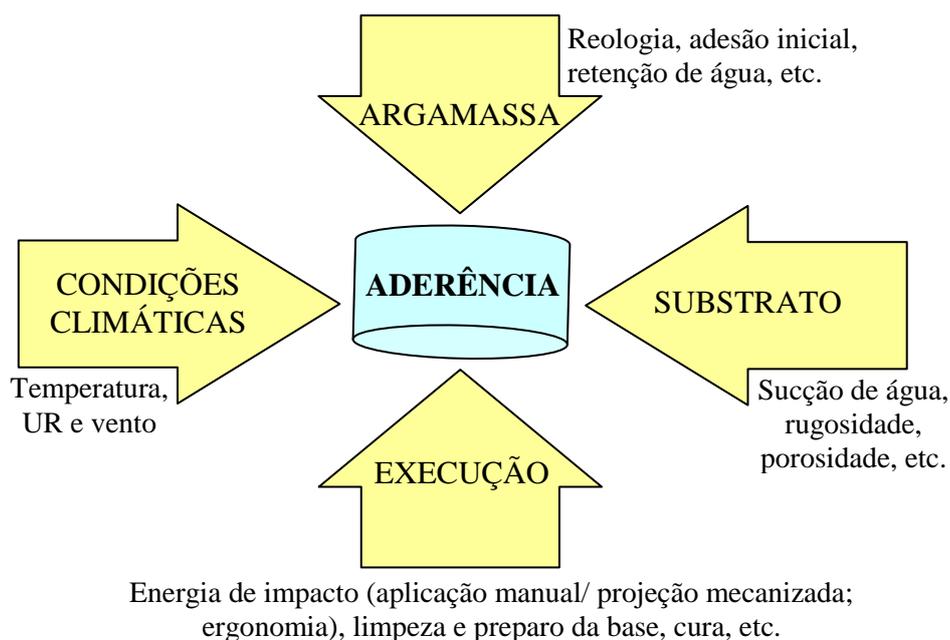


Figura K.2 – Fatores que exercem influência na aderência de argamassas sobre bases porosas

Fonte: IBRACON (2010)

Apresenta-se na Tabela K.3 e na Tabela K.4 as normas brasileiras da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) relacionadas ao tema argamassas (Págs. 893 até 943 em IBRACON, 2010).

Tabela K.3 – Normas brasileiras relacionadas com argamassas: alvenaria e revestimentos de argamassa

Tipo	Número	Ano	Título
Alvenaria	NBR 14956-1	2003	Blocos de concreto celular autoclavado – Execução de alvenaria sem função estrutural – Parte 1: procedimento com argamassa colante industrializada
	NBR 14956-2	2003	Blocos de concreto celular autoclavado – Execução de alvenaria sem função estrutural – Parte 2: procedimento com argamassa convencional
	NBR 15259	2005	Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da absorção de água por capilaridade e do coeficiente de capilaridade
	NBR 15261	2005	Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da variação dimensional (retração ou expansão linear)
Revestimento de Argamassa	NBR 13276	2005	Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Preparo da mistura e determinação do índice de consistência
	NBR 13277	2005	Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da retenção de água
	NBR 13278	2005	Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos –

			Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado
	NBR 13279	2005	Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão
	NBR 13280	2005	Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da densidade de massa aparente no estado endurecido
	NBR 13281	2005	Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Requisitos
	NBR 13528	2010	Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Determinação da resistência de aderência à tração
	NBR 13529	1995	Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Terminologia
	NBR 13530	1995	Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Classificação
	NBR 13749	1996	Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Especificação
	NBR 15258	2005	Argamassa para revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência potencial de aderência à tração
	NBR 15839	2010	Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Caracterização reológica pelo método squeeze-flow
	NBR 7200	1998	Execução de revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Procedimento

Fonte: IBRACON (2010)

Tabela K.4 – Normas brasileiras relacionadas com argamassas: revestimento cerâmico e outras

Tipo	Número	Ano	Título
Revestimentos Cerâmicos	NBR 13753	1996	Revestimento de piso interno ou externo com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante - Procedimento
	NBR 13754	1996	Revestimento de paredes internas com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante – Procedimento
	NBR 13755	1996	Revestimento de paredes externas e fachadas com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante – Procedimento
	NBR 14081	2004	Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas - Requisitos
	NBR 14082	2004	Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas – Execução do substrato-padrão e aplicação de argamassa para ensaios
	NBR 14083	2004	Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas – Determinação do tempo em aberto
	NBR 14084	2004	Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas – Determinação da resistência de aderência à tração
	NBR 14085	2004	Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas – Determinação do deslizamento
	NBR 14086	2004	Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas – Determinação da densidade de massa aparente
	NBR 14992	2003	A.R. – Argamassa à base de cimento Portland para rejuntamento de placas cerâmicas – Requisitos e métodos de ensaios
Outros	NBR 10908	2008	Aditivos para argamassa e concretos – Ensaios de uniformidade
	NBR 11686	1990	Concreto fresco – Determinação do teor de ar aprisionado pelo método pressométrico – Método de ensaio
	NBR 13583	1996	Cimento Portland – Determinação da variação dimensional de barras de argamassa de cimento Portland expostas à solução de

		sulfato de sódio
NBR 7222	1994	Argamassa e concreto – Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos-de-prova cilíndricos
NBR 9290	1996	Cal hidratada para argamassas – Determinação de retenção de água
NBR 9479	2006	Argamassa e concreto – Câmaras úmidas e tanques para cura de corpos-de-prova
NBR 9778	2009	Argamassa e concreto endurecidos – Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica
NBR 9779	1995	Argamassa e concreto endurecidos – Determinação da absorção de água por capilaridade
NBR 7215	1991	Cimento Portland – Determinação da resistência à compressão
NBR NM 9	2003	Concreto e argamassa – Determinação dos tempos de pega por meio de resistência à penetração
NM 137	1997	Argamassa e concreto – Água para amassamento e cura de argamassa e concreto de cimento Portland
NM 34	1994	Aditivos para argamassa e concreto – Ensaio de uniformidade
NM 9	2002	Concreto e argamassa – Determinação dos tempos de pega por meio de resistência à penetração
NBR 15900	2009	Água para emassamento do concreto (11 partes)

Fonte: IBRACON (2010)

(K.A) NORMAS UTILIZADAS

As normas utilizadas nos ensaios de argamassas realizados na Universidade de Brasília (disciplina de Materiais de Construção Experimental I) estão apresentadas na Tabela K.5.

Tabela K.5 – Normas utilizadas nos ensaios de argamassas

Norma	Conteúdo
ABNT NBR 13276/2005	Argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos – Determinação do teor de água para obtenção do índice de consistência-padrão
ABNT NBR 13279/2005	Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão
ABNT NBR 13280/2005	Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos; determinação da densidade de massa aparente no estado endurecido
ABNT NBR 13281/2005	Argamassa industrializada para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos – especificação
ASTM C780: 2012	Ensaio de penetração de cone

(K.B) DESCRIÇÃO DOS CONCEITOS E ENSAIOS REALIZADOS EM LABORATÓRIO

• DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE CONSISTÊNCIA (NBR 13276/2005)

Apresentam-se na Tabela K.6 os dados de entrada no ensaio de argamassa industrializada.

Apresentam-se na Tabela K.7 as leituras de índice de consistência no ensaio de argamassas.

Apresentam-se na Tabela K.8 a descrição do tipo de argamassa utilizada no ensaio.

Tabela K.6 – Dados de entrada no ensaio de argamassa

Tipo de Argamassa:	
Peso de Material:	
Consumo de Água:	
Relação Água/Aglomerante:	

Tabela K.7 – Leituras de índice de consistência no ensaio de argamassas

Tabela 1 - Índice de Consistência	
Leituras	Espalhamento (mm)
No. 1	
No. 2	
No. 3	
Índice de Consistência (mm) =	

Tabela K.8 – Descrição do tipo de argamassa utilizada no ensaio

Descrição do tipo de argamassa utilizada no ensaio:	
Fabricante:	
Utilização:	
Composição:	
Aditivos:	
Outros Comentários*:	

*Comente e interprete os resultados deste ensaio avaliando a propriedade da trabalhabilidade. A argamassa é plástica? Justifique.

• PENETRAÇÃO DE CONE (ASTM C780: 2012)

Apresenta-se na Tabela K.9 um modelo de resultados de penetração de cone em argamassas.

Tabela K.9 – Resultados de penetração de cone em argamassas

Resumo dos Resultados de penetração de cone obtidos no estudo de ANGELIM (2000)		
Tipo de Argamassa	Faixa de penetração de cone	Média dos Resultados
Argamassa pouco plástica (PP)	22-45	30
Argamassa plástica (P)	45-56	51
Argamassa Fluida (F)	62-69	65

Segundo os resultados do ensaio, as observações feitas no laboratório e a tabela apresentada; faça uma análise crítica da argamassa ensaiada conforme a propriedade da trabalhabilidade.

• **DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA À TRAÇÃO NA FLEXÃO E À COMPRESSÃO (NBR 13279/2005)**

Apresentam-se na Tabela K.10 os dados de entrada no ensaio de resistência à tração na flexão e à compressão de argamassas. Apresentam-se na Tabela K.11 os dados para cálculo da resistência à tração na flexão de prismas de argamassas no estado endurecido.

Tabela K.10 – Dados de entrada no ensaio de resistência à tração na flexão e à compressão de argamassas

CP	COMPRIMENTO (mm)	LARGURA (mm)	ALTURA (mm)	MASSA (g)	DENSIDADE APARENTE (kg/m ³)
1	162,7	39,43	41,15	422,15	1599,13
2	161,15	39,85	42,18	416,43	1537,36
3	162,68	40,02	42,13	425,54	1551,45
MÉDIA	162,18	39,77	41,82	421,37	1562,65

Tabela K.11 – Dados para cálculo da resistência à tração na flexão de prismas de argamassas no estado endurecido

Cálculo da Resistência à tração na flexão de prismas (16 mm x 40 mm x 40 mm)			
CP	Carga (ft) em N	Rf (MPa)	Desvio (MPa)
1	400	0,91	0,26
2	550	1,25	-0,08
3	590	1,34	-0,17
MÉDIA	513,33	1,17	-
Desvio absoluto máximo <0,3 MPa. Média de no mínimo dois resultados válidos.			
Distância entre suportes (mm) =		97	

Apresenta-se na Equação K.1 o cálculo da resistência à tração na flexão de prismas de argamassas no estado endurecido.

$$R_f = \frac{1,5 \cdot F_f \cdot L}{40^3}$$

Equação K.1 – Resistência à tração na flexão de prismas de argamassas no estado endurecido

Onde:

R_f = Resistência à tração (MPa)

F_f = Carga aplicada (Newtons)

L: Distância entre suportes (mm)

Desvio máximo: 0,5 MPa (mínimo de 2 C.P.)

Apresentam-se na Tabela K.12 os dados para cálculo da resistência à compressão de cubos de argamassa no estado endurecido. Apresenta-se na Equação K.2 o cálculo da resistência à compressão de cubos de argamassa no estado endurecido.

Tabela K.12 – Resistência à compressão de cubos de argamassa no estado endurecido

Cálculo da Resistência à compressão de cubos (40 mm x 40 mm)			
CP	CARGA EM N	Rc em MPa	Desvio (MPa)
1	6200	3,88	-0,03
2	7300	4,56	-0,72
3	5580	3,49	0,36
4	5450	3,41	0,44
5	7250	4,53	-0,69
6	5130	3,21	0,64
MÉDIA	6152	3,84	-

Desvio absoluto máximo < 0,5 MPa. Média de no mínimo quatro resultados válidos.

$$R_c = \frac{F_c}{1600}$$

Equação K.2 - Resistência à compressão de cubos de argamassa no estado endurecido

Onde:

R_c = Resistência à compressão (MPa);

F_c = Carga máxima aplicada (Newtons);

1600 = área da seção (mm²)

Desvio máximo = 0,3 MPa (mínimo de 4 C.P.)

Apresentam-se na Tabela K.13 os requisitos da norma NBR 13281/2005.

Tabela K.13 – Requisitos da norma NBR 13281/2005

Classes	P	M	R	C	D	U	A
	MPa	kg/m ³	MPa	g/dm ² /min ^{1/2}	kg/m ³	%	MPa
1	≤ 2,0	≤ 1200	≤ 1,5	≤ 1,5	≤ 1400	≤ 78	≤ 0,20
2	1,5 a 3,0	1000 a 1400	1,0 a 2,0	1,0 a 2,5	1200 a 1600	72 a 85	≥ 0,20
3	2,5 a 4,5	1200 a 1600	1,5 a 2,7	2,0 a 4,0	1400 a 1800	80 a 90	≥ 0,30
4	4,0 a 6,5	1400 a 1800	2,0 a 3,5	3,0 a 7,0	1600 a 2000	86 a 94	-
5	5,5 a 9,0	1600 a 2000	2,7 a 4,5	5,0 a 12,0	1800 a 2200	91 a 97	-
6	> 8,0	> 1800	> 3,5	> 10,0	> 2000	95 a 100	-

- P – Resistência à compressão (MPa) – NBR 13279/2005 (7);
- M – Densidade de massa aparente no estado endurecido (kg/m³) – NBR 13280/2005 (8);
- R – Resistência à tração na flexão (MPa) – NBR 13279/2005 (7);
- C – Coeficiente de capilaridade (g/dm²/min^{1/2}) – NBR 15259/2005 (9);
- D – Densidade de massa no estado fresco (kg/m³) – NBR 13278/2005 (10);
- U – Retenção de água (%) – NBR 13277/2005 (11);
- A – Resistência potencial de aderência à tração (MPa) – NBR 15258/2005 (12).

Apresenta-se na Tabela K.14 o resumo final nos ensaios de argamassas realizados na Universidade de Brasília. Apresenta-se na Figura K.3 e na Figura K.4 fotos dos ensaios realizados conforme descrito neste Apêndice.

Tabela K.14 – Resumo final no ensaio de argamassas

RESUMO FINAL	
Densidade de massa aparente no estado endurecido =	
Resistência à tração na flexão =	
Resistência à compressão dos cubos ensaiados =	
Classifique se a argamassa utilizada se enquadra de acordo com os requisitos da Norma NBR 13281/2005:	
Análise crítica sobre as propriedades encontradas nos ensaios e as especificações técnicas fornecidas pelo fabricante:	



Figura K.3 – Ensaio em argamassas – Exemplo 1

Fonte: Acervo do autor

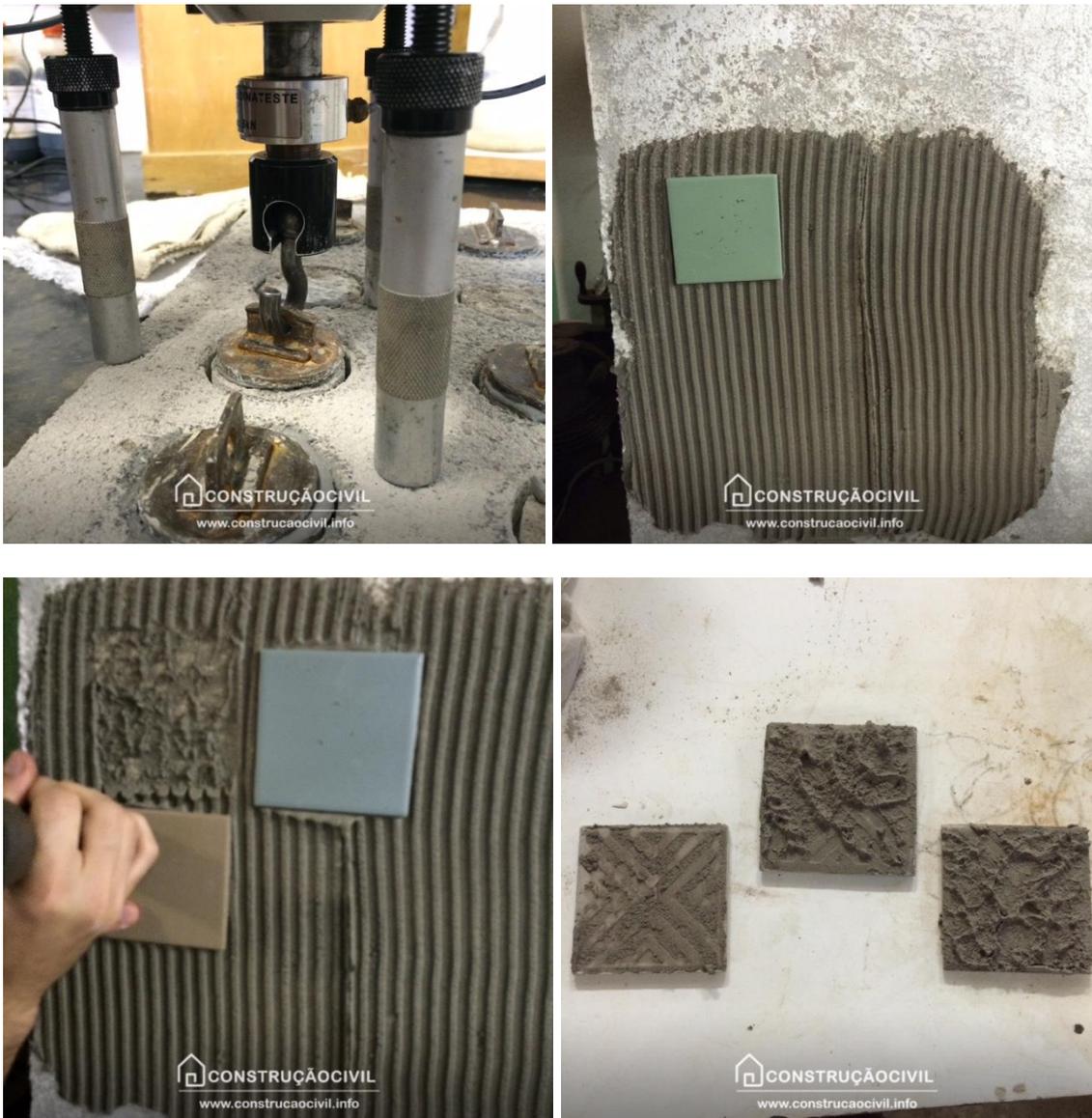


Figura K.4 – Ensaio em argamassas – Exemplo 2

Fonte: Acervo do autor

Os três principais tipos de argamassas colantes (AC) disponíveis no mercado são: AC I, AC II e AC III podendo-se ser E (maior tempo em aberto) ou D (com deslizamento reduzido).

AC-I: Argamassa colante industrializada com resistência aos esforços, à umidade e à temperatura típica de revestimentos internos. Podem ser utilizadas no assentamento de pisos e azulejos nas áreas molháveis de uma residência (banheiros, cozinhas e áreas de serviço).

AC-II: Produto com adesividade que permite absorver os esforços de revestimentos de pisos e paredes internos e externos sujeitos a variações de temperatura e umidade e à ação do vento.

Indicadas para revestimento externo de paredes e fachadas, piscinas de água fria, pisos cerâmicos industriais ou de áreas públicas e para pisos cerâmicos ao ar livre.

AC-III: Apresenta aderência superior em relação às argamassas dos tipos AC-I e AC-II. São indicadas para assentamento de porcelanatos e de revestimentos cerâmicos em piscinas de água quente, saunas e churrasqueiras. Argamassas colantes com maior tempo em aberto (ex. AC-III-E) são importantes para condições de aplicação mais severas em relação à ação do vento. Principal Variação: AC I, II ou III – E (maior tempo em aberto) ou D (com deslizamento reduzido).

Para cada aplicação e tipo de revestimento deve-se utilizar um tipo adequado de argamassa colante (AC). Tipos de argamassas colantes: AC-I, AC-II e AC-III. Podem apresentar também a denominação E (ex. AC-I-E; AC-II-E, AC-III-E). E = apresenta maior tempo em aberto (intervalo entre a aplicação da argamassa na parede e o assentamento das placas cerâmicas).

Características que devem ser observadas ao utilizar-se uma argamassa colante: (1) se o local para aplicação é em área externa ou interna; (2) se o local está sujeito a grandes variações de temperatura (ex.: saunas e churrasqueiras); e (3) qual é o tipo de revestimento que será utilizado (ex.: cerâmica comum ou porcelanato).

(K.C) APLICAÇÃO NA FERRAMENTA

Apresenta-se na Figura K.5 a aplicação da metodologia na ferramenta desenvolvida neste trabalho.

HOME | SOBRE | CONTATO

CONSTRUÇÃO CIVIL
casas e profissões

INSTAGRAM
Tudo conteúdo publicado no @construocivil

INSTA DIRECT
Direto no Brasil e no Mundo

VISÃO SISTÊMICA
O plano e o ponto

DOWNLOADS
Modelos de documentos, tabelas e arquivos

ACADÊMICO
Material Técnico

BRASIL
Por um país melhor

Blog - Vídeos - Notícias - 11. Arquitetura e Engenharia Civil e a Engenharia - Engenharia Civil (AC) e suas recomendações de uso

Argamassas colantes (AC) e suas recomendações de uso

19 de Jul 2014 09:28 de 2014

Facebook Twitter Google+ WhatsApp

Argamassas colantes (AC) e suas recomendações de uso: AC-I uso interno para pisos e paredes com baixa agressividade; AC-II uso interno e externo (menor agressividade) para pisos e paredes; AC-III assentamento de porcelanatos, uso interno e externo com maior agressividade (ex. fachadas, sacadas, churrasqueiras, etc). Tem-se ainda as variações E (maior tempo em aberto da argamassa) e D (deslocamento reduzido). Muitos problemas ocorrem devido à falta de conhecimento sobre as argamassas utilizadas nos revestimentos dos edifícios. **Adhesive mortars (AC) and its recommended use: AC-I internal use for floors and walls with low aggressiveness; AC-II internal and external (less aggressive) use for floors and walls; AC-III laying porcelain tiles, indoor and outdoor use in aggressive places such as facades, balconies and others. Many adhesive mortars variations: E (longer time to work with) and D (lower slip). Many problems occur due to lack of knowledge about the adhesive mortars used in the coatings of buildings.**

Ver no Instagram

#adhesivemortars #argamassa #argamassacolante #argamassa #brasil #brasil #build #building #civilconstruction #civilengineering #civil #construocivil #construction #engenharocivil #materiais #materials #mortar #mortars #pesquisa #research #revestimentos #revestimentos

SIGA-NOS!

VÍDEOS

Exemplo de fundação utilizando estacas pré-moldadas

Um pouco de assentamento de tijolo maciço

Figura K.5 – Demonstração da ferramenta para argamassas

APÊNDICE L – Fotos gerais da obra utilizada na ferramenta

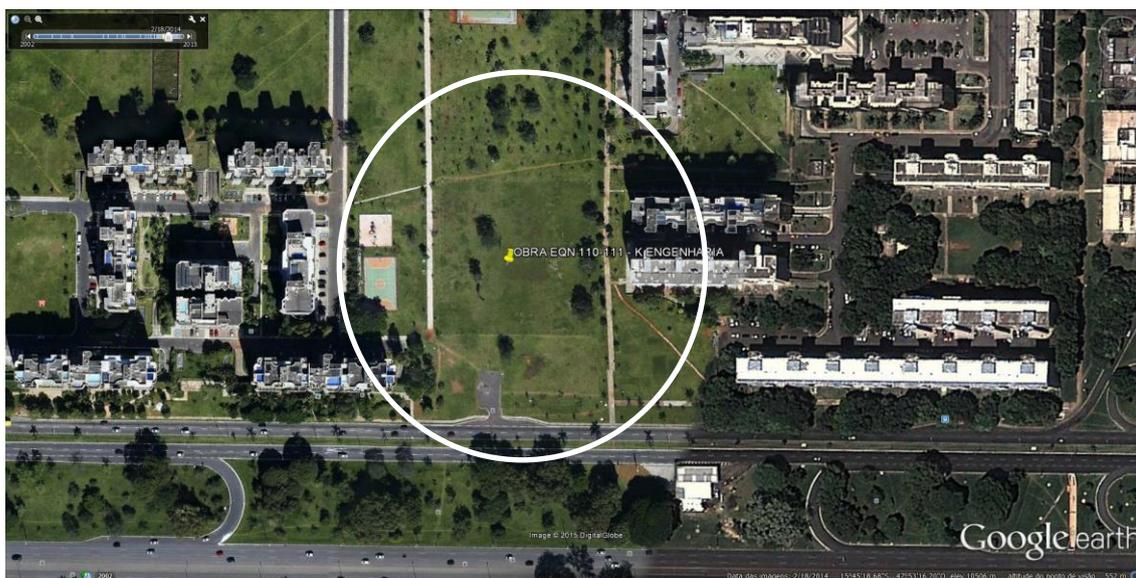


Foto 1 – Obra utilizada na pesquisa (data da imagem: 18 de fevereiro de 2014)
Fonte: Google Earth (2014)

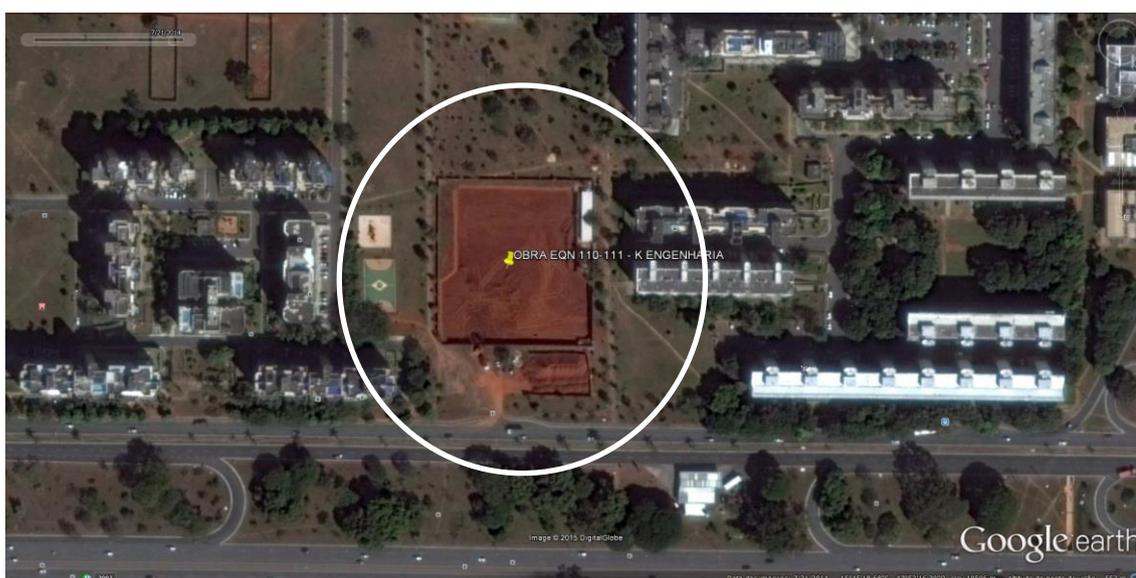


Foto 2 – Obra utilizada na pesquisa (data da imagem: 21 de julho de 2014)
Fonte: Google Earth (2014)



Foto 3 – Obra - Data da Imagem: 09/08/2014 (9 de agosto de 2014)
Fonte: Google Earth (2014)



Foto 4 – Obra - Data da Imagem: 16/09/2014 (16 de setembro de 2014)
Fonte: Google Earth (2014)



Foto 5 – Obra - Data da Imagem: 13/10/2014 (13 de outubro de 2014)
Fonte: Google Earth (2014)



Foto 6 – Obra - Data da Imagem: 12/02/2015 (12 de fevereiro de 2015)
Fonte: Google Earth (2015)



Foto 7 – Obra - Data da Imagem: 18/04/2015 (18 de abril de 2015)
Fonte: Google Earth (2015)

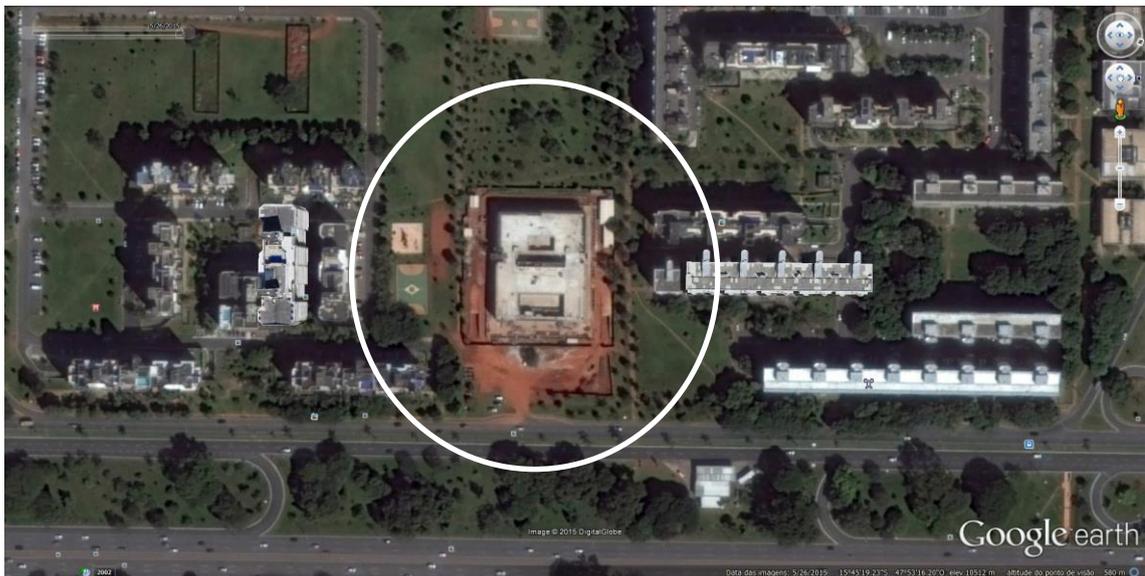


Foto 8 – Obra - Data da Imagem: 26/05/2015 (26 de maio de 2015)
Fonte: Google Earth (2015)

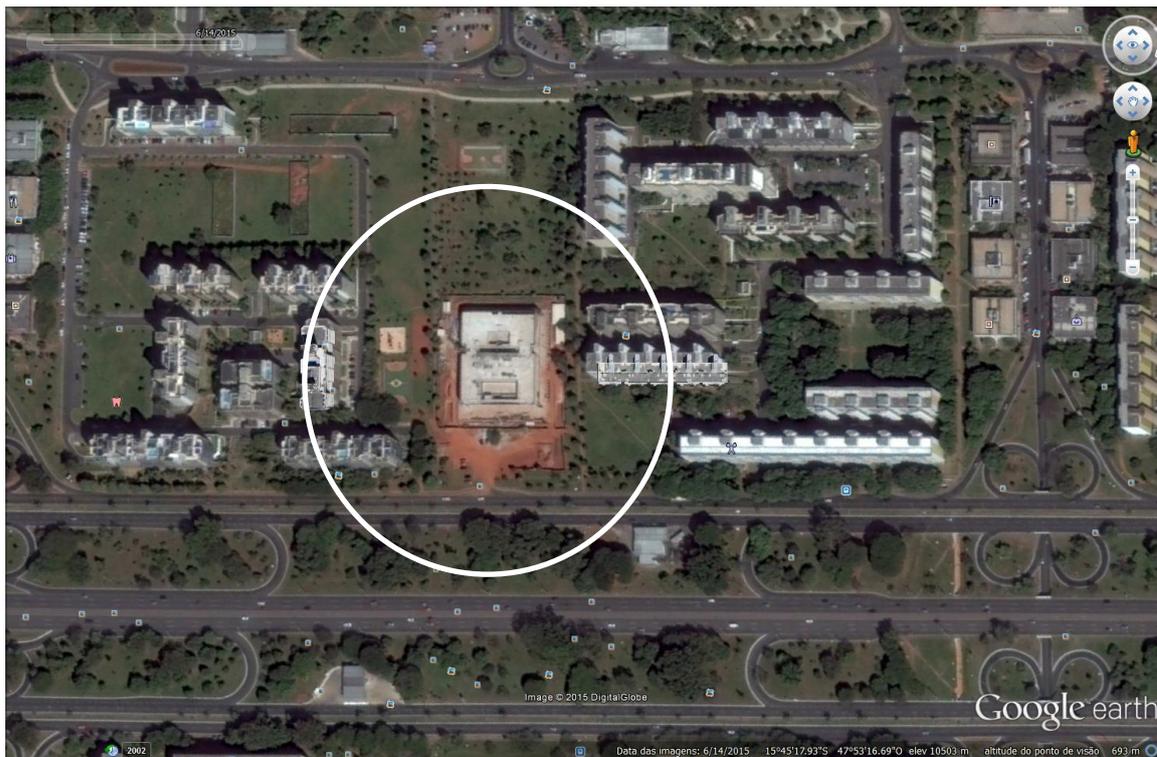


Foto 9 – Obra - Data da Imagem: 14/06/2015 (14 de junho de 2015)
Fonte: Google Earth (2015)

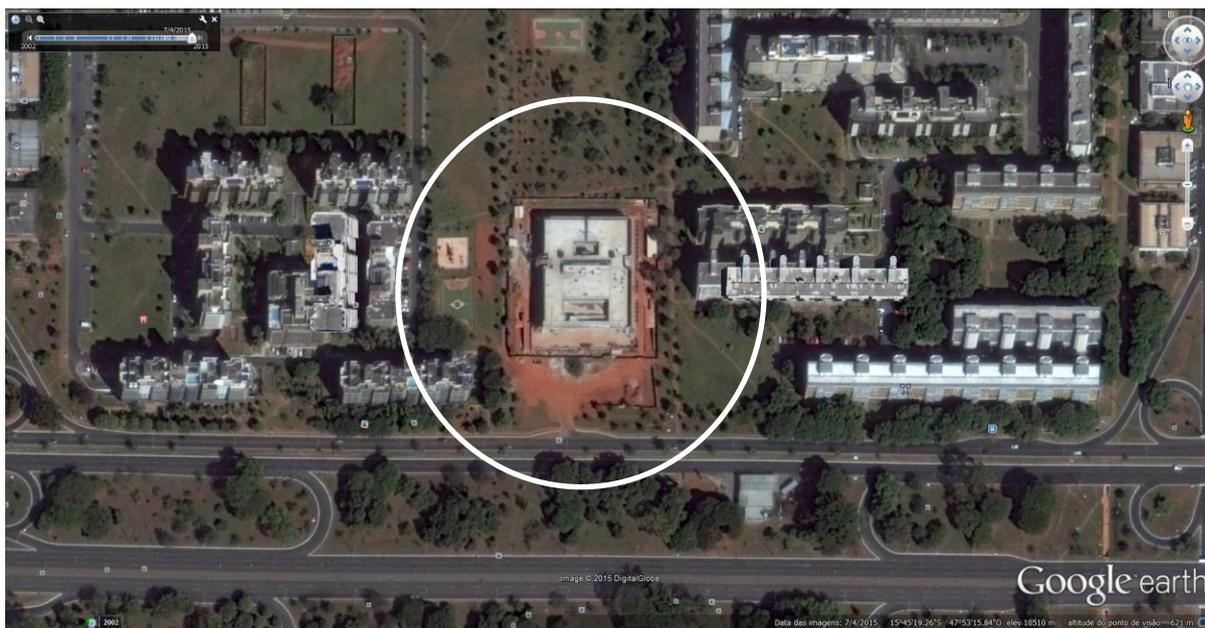


Foto 10 – Obra - Data da Imagem: 04/07/2015 (04 de julho de 2015)
Fonte: Google Earth (2015)



Foto 11 - Terreno/área da obra
Fonte: Acervo do autor

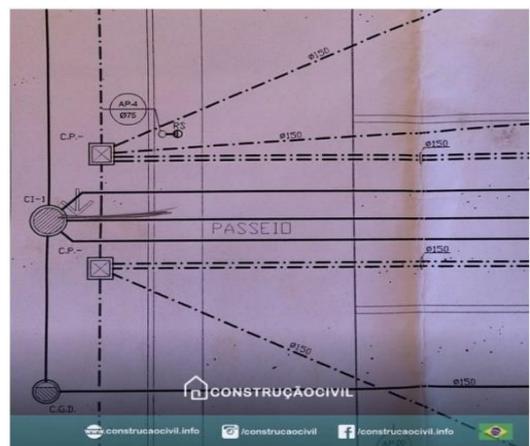
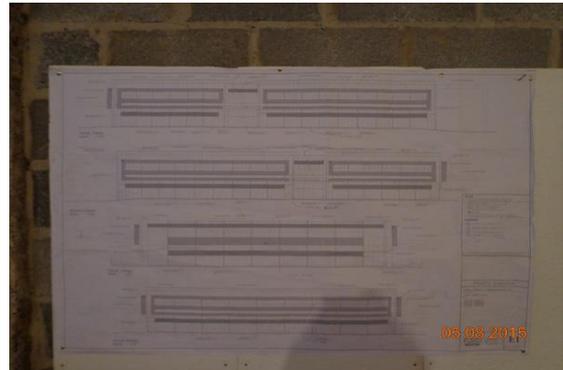
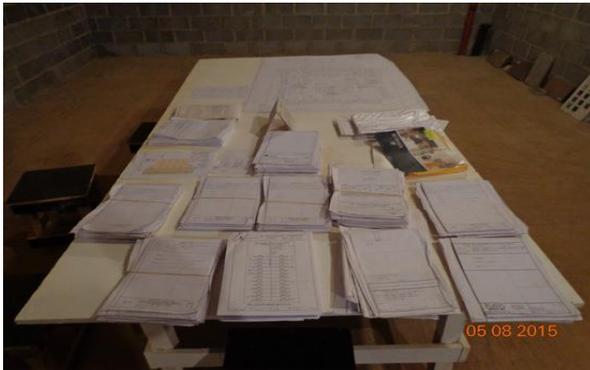


Foto 12 - Etapas de projetos, plantas e design
Fonte: Acervo do autor



Foto 13 - Etapas de serviços preliminares e canteiro de obras
Fonte: Acervo do autor



Foto 14 - Etapas de movimentação de terra
Fonte: Acervo do autor





Foto 15 - Etapas de fundação/subsolo
Fonte: Acervo do autor



Foto 16 - Etapas de estrutura
Fonte: Acervo do autor



Foto 17 - Etapas de sistemas de vedação vertical
Fonte: Acervo do autor

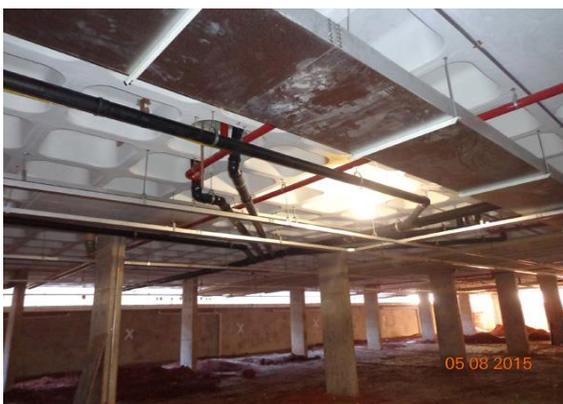


Foto 18 - Etapas de instalações hidráulicas e elétricas
Fonte: Acervo do autor



Foto 19 - Etapas de impermeabilização
Fonte: Acervo do autor



Foto 20 - Etapas de acabamentos e revestimentos
Fonte: Acervo do autor

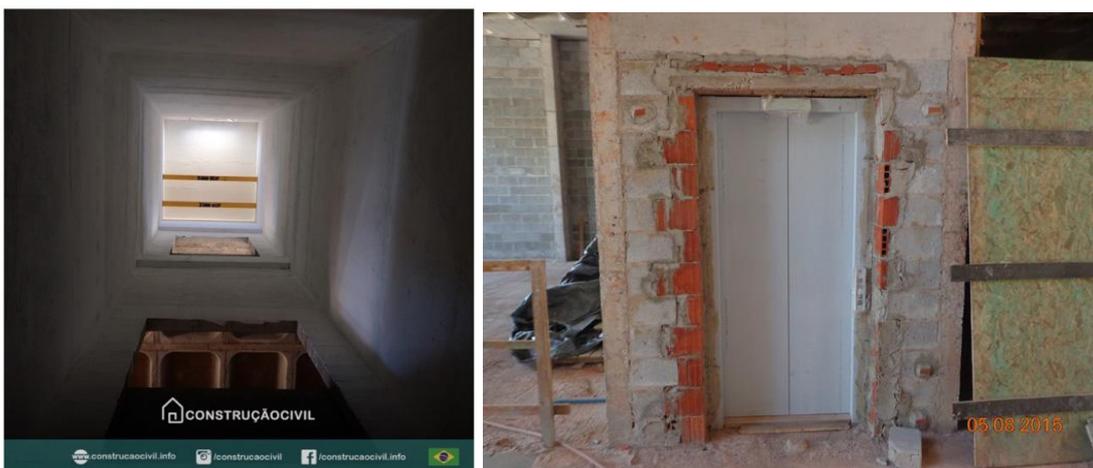


Foto 21 - Etapas de serviços complementares
Fonte: Acervo do autor



Foto 22 - Etapas de ensaios de laboratório
Fonte: Acervo do autor



Foto 23 - Imagens panorâmicas da obra
Fonte: Acervo do autor