

**Universidade de Brasília**  
**Faculdade UnB Planaltina**  
Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais (PPGCA)

Gleicon Queiroz de Brito

**CAPACIDADE DE INFILTRAÇÃO DE ÁGUA NO SOLO EM  
FITOFISIONOMIAS DO BIOMA CERRADO**

Brasília-DF  
2019

Gleicon Queiroz de Brito

Dissertação de Mestrado

## **CAPACIDADE DE INFILTRAÇÃO DE ÁGUA NO SOLO EM FITOFISIONOMIAS DO BIOMA CERRADO**

Dissertação apresentada como requisito de obtenção do título de mestre em Ciências Ambientais pelo programa de pós-graduação em Ciências Ambientais da Universidade de Brasília (UnB).

**Área de concentração:** Estrutura, dinâmica e conservação ambiental

**Linha de pesquisa:** Manejo e Conservação dos Recursos Naturais

**Orientador:** Dr. Luiz Felipe Salemi

Brasília-DF  
2019

Gleicon Queiroz de Brito

Dissertação de Mestrado

**CAPACIDADE DE INFILTRAÇÃO DE ÁGUA NO SOLO EM  
FITOFISIONOMIAS DO BIOMA CERRADO**

**Comitê examinador**

Luiz Felipe Salemi – Universidade de Brasília  
(orientador)

Rodrigo Studart Corrêa – Universidade de Brasília  
(examinador interno)

Patrick Thomaz de Aquino Martins – Universidade Estadual de Goiás  
(examinador externo)

Brasília-DF  
2019

BB862c Brito, Gleicon Queiroz de  
Capacidade de infiltração de água no solo em  
fitofisionomias do bioma Cerrado / Gleicon Queiroz de  
Brito; orientador Luiz Felipe Salemi. -- Brasília, 2019.  
43 p.

Dissertação (Mestrado - Mestrado em Ciências Ambientais)  
- Universidade de Brasília, 2019.

1. Capacidade de infiltração. 2. Solo. 3. Bioma Cerrado.  
4. Fitofisionomias. I. Salemi, Luiz Felipe, orient. II.  
Título.

Dedico esse trabalho a Jesus e a Deus (o todo poderoso). Dedico a natureza, a qual me aprimorei dos seus recursos para fazer essa pesquisa, a qual muitas vezes esquecemos que fazemos parte dela. Dedico a minha família e amigos. Dedico a todas vítimas deste mundo. Dedico mais uma vez, para todas as pessoas que se sacrificam ou sacrificaram de maneira física e/ou mental, na esperança de um mundo melhor.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Jesus e a Deus pelas oportunidades que me deram, tanto em poder fazer o mestrado como em conhecer pessoas maravilhosas nessa jornada. Também lhes agradeço por sempre estarem comigo, me ajudando a crescer e sempre me inspirando a levantar de novo.

Agradeço aos meus pais (Ildeniz e Vicente) pelo apoio e pela inspiração de serem trabalhadores e honestos, em especial a minha mãe que, desde o início, me ajudou no que fosse necessário. Agradeço meus irmãos (Wilkison, Wualter e Glaycon), principalmente Wilkison, pelas discussões e aprendizados.

Agradeço aos professores do PPGCA/UnB aos quais me deram aula, moldando minha concepção de mundo. Aos professores que contribuíram na construção do projeto, excepcionalmente, os que participaram da minha qualificação, sendo o Dr. Robson Willians, o Dr. Antonio Felipe e o Dr. Rodrigo Studart.

Agradeço aos professores da UEG/Formosa pelos diálogos, dicas e aprendizados. Em especial, a Dra. Thiara Messias, o Me. Elton Souza, o Dr. Patrick Thomaz e o Dr. Amom Teixeira.

Agradeço aos amigos do NEPAL/UnB pelo companheirismo, inspiração, amizade, zoeira e disposição para ajudar. Muito obrigado Ana Caroline, Leonardo Gomes, Cleber Krauss, Leonardo Beserra, Pedro Martins, Sérgio Fernandes, Thallia Santana, Clara Nina, Larissa Castro, Johnny Murta, Maísa Vieira, Hasley Pereira, Hugo Barbosa, Gustavo Fernandes, Carla Albuquerque!! Também deixo meus agradecimentos aos professores que coordenam o NEPAL, o Dr. Ludgero Vieira, o Dr. Antonio Felipe e o Dr. Luiz Felipe. Sou muito grato a todos vocês do laboratório!

Agradeço ao grupo de pesquisa EIS/UnB pelas contribuições intelectuais e materiais nessa pesquisa. Em especial, muito obrigado Jéssica Airisse, Giovanna Gomes, Fabio Santos, Ray Pinheiro, Glauber das Neves, Vinícius Pompermaier, Tiago Kisaka! Também agradeço à coordenadora Dra. Gabriela Nardoto por todo apoio prestado.

Agradeço ao pessoal do laboratório de biologia UnB/FUP, Carla Albuquerque, Renata Ribeiro e Darlan Brito, que me ampararam e me acolheram de bom grado.

Agradeço o pessoal que fez parte da minha turma e compartilhou diversas experiências comigo, como risadas, euforias, preocupações, agonias, companheirismo e conhecimentos. Obrigado Jéssica Airisse, Ana Caroline Missias, Galgane Patrícia, Thyego Pery, Pedro Martins, Ubirajara de Brito, Renato Ferreira, Vinicius Simões, Stefani Nascimento, Glauber das Neves, Daphne Muniz, Monalisa Araújo, Dianne Michelle, Clarisse Vasconcellos,

Elizânia de Araújo, Murilo Luiz e Gislaine Disconzi. Sou muito feliz por ter conhecido vocês!!

Agradeço à professora Dra. Mercedes Bustamante pelo convite para participar do PELD na RECOR/IBGE. Agradeço ao pessoal da RECOR, Clarissa Armando, Caius Ferreira, Betânia Goes e demais, que foram muito acolhedores e práticos para o desenvolvimento da pesquisa. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Agradeço a todos os amigos que me ajudaram a pensar sobre o meu trabalho, me fazer sentir melhor nos momentos difíceis, me escutarem, servirem de inspiração! Obrigado Ana Clara Alves, Thyego Pery, Karoline Veloso, Mayara Guimarães, Ariane Almeida, todos os já citados e outros que não coloquei o nome, se sintam abraçados.

Agradecimentos especiais a Sérgio Fernandes e Johnny Murta pelo apoio, discussões, brincadeiras e, principalmente, as contribuições neste trabalho, além de estarem dispostos a ajudar sempre que fosse preciso. Muito obrigado!!

Agradecimentos especiais a uma pessoa que me auxiliou diretamente na reflexão, no campo e no laboratório, muito obrigado de coração Giovanna Gomes. Agradecimentos especiais a Jéssica Airisse por ter me amparado e estar sempre disposta a me ajudar, a Thallia Santana por aceitar o desafio de me ajudar no campo e pelas boas conversas e a Ana Caroline Missias por tudo, mas principalmente pelo apoio emocional, me ajudando em todas as dificuldades que eu tive. Sou extremamente grato a todas!

Não tenho palavras para agradecer o meu orientador Dr. Luiz Felipe Salemi a altura do que ele me merece! Como posso agradecer alguém que me fez não apenas amadurecer na academia, mas também como ser humano. Alguém que se dispôs do seu tempo para ajudar no campo, ajudar a escrever, ajudar a refletir, ajudar a desconstruir, ajudar a refazer, indo além do seu papel de orientador. Por isso, agradeço de coração Salemi tudo o que fez!!

*“O que é ser racional?  
A racionalidade é conseguir apresentar  
argumentos lógicos e conseguir sequenciá-  
los? Partindo da coerência, usando a  
inteligência?  
É o que realmente define o ser humano?  
Que nos diferencia dos outros seres?  
O que dizer da evolução, que dizem estarmos  
no topo?  
Será que a vida selvagem é menos evoluída?  
Aquela dos animais irracionais, que lutam por  
sua sobrevivência!  
Que se organizam coletivamente para se  
proteger!  
Ou que interage com ambiente sem agredi-lo!  
Não discordo que a sociedade humana  
também lute para sobreviver..  
Mas uma raça dita mais evoluída, que próprio  
se mata?  
Através da destruição do próprio ambiente em  
que vive?  
Em prol de quê? Do desenvolvimento?  
Em prol de quem? Daqueles que nunca olham  
para quem tem menos?  
O ar puro se torna raro! O solo em bom  
estado se torna inusitado!  
A água límpida precisará de uma fortaleza!  
Uma vez que, sua escassez mostrará a  
verdadeira riqueza!  
O racional deve observar o irracional e tirar  
lições, aprender!  
O dito racional que fecha seus olhos para os  
problemas do nosso planeta,  
É a criatura mais ignorante da terra, que nem  
merece ser chamada de irracional!  
Quem escreve aqui é uma vítima, que também  
não é inocente!  
Pois nessa conjuntura, nasci gente!”*

*(Gleicon Queiroz de Brito)*



## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Diagrama da pesquisa.....	16
<b>Figura 2</b> – Localidades aproximada dos estudos de infiltração de água em fitofisionomias do Cerrado. .....	18
<b>Figura 3</b> - Diagrama de caixa da capacidade de infiltração abrangendo todos estudos encontrados no Cerrado.....	19
<b>Figura 4</b> - Capacidade de infiltração por fitofisionomias.....	20
<b>Figura 5</b> - Localização da área de estudo (Cerrado típico ■ e Campo sujo ▲). .....	30
<b>Figura 6</b> - Climograma da RECOR (médias mensais de 1994 a 2016).....	31
<b>Figura 7</b> - Delineamento amostral utilizado para as variáveis avaliadas no Campo sujo e Cerrado típico.....	32
<b>Figura 8</b> - Diagrama de caixa da capacidade de infiltração das fitofisionomias avaliadas. ....	35
<b>Figura 9</b> - Média e $\pm$ desvio padrão dos impactos da resistência a penetração do solo em Cerrado típico (A) e Campo sujo (B). .....	35
<b>Figura 10</b> - Média e $\pm$ desvio padrão da densidade aparente do solo (A) e porosidade total (B).....	36
<b>Figura 11</b> - Diagrama de caixa da matéria orgânica no solo presente nas fitofisionomias.....	36

## **LISTA DE TABELAS**

<b>Tabela 1</b> - Estudos de infiltração dentro do bioma Cerrado .....	17
<b>Tabela 2</b> - Granulometria* do Latossolo vermelho em cada fitofisionomia.....	31

## SUMÁRIO

<b>APRESENTAÇÃO GERAL.....</b>	<b>11</b>
Referências.....	12
<b>1 - REVISÃO SISTEMÁTICA DO PROCESSO DE INFILTRAÇÃO DE ÁGUA EM FITOFISIONOMIAS DO BIOMA CERRADO.....</b>	<b>13</b>
Introdução .....	13
Procedimentos metodológicos.....	15
<i>Metodologia da revisão sistemática.....</i>	<i>15</i>
<i>Análises estatísticas.....</i>	<i>17</i>
Resultados .....	17
Discussões.....	20
Considerações finais.....	22
Referências.....	22
<b>2 - CAPACIDADE DE INFILTRAÇÃO DE ÁGUA NO SOLO EM DIFERENTES FITOFISIONOMIAS DO BIOMA CERRADO.....</b>	<b>27</b>
Introdução .....	27
Material e métodos.....	29
<i>Área de estudo.....</i>	<i>29</i>
<i>Variáveis e delineamento amostral.....</i>	<i>31</i>
<i>Análises estatísticas.....</i>	<i>34</i>
Resultados .....	34
Discussão.....	36
Conclusão.....	38
Referências.....	38

## APRESENTAÇÃO GERAL

O Cerrado é considerado um bioma heterogêneo (SANO et al., 2019). Essa característica reflete tanto na rica biodiversidade de fauna e flora (KLINK; MACHADO, 2005), como nas coberturas vegetais, a qual são classificadas em onze fitofisionomias distribuídas em três formações: florestais, savânicas e campestres (RIBEIRO; WALTER, 2008).

Além das diversas paisagens, esse bioma é fundamental para contribuição hídrica de oito das doze regiões hidrográficas (LIMA et al., 2011) e para três grandes aquíferos (Guarani, Urucua e Bambuí) (WWF, 2012). Essa dimensão hídrica acaba por caracterizar o bioma como “caixa d’água do Brasil” e “berço das águas” (CAMPOS FILHO, 2010).

Diante dessa abrangência e reconhecimento das águas do Cerrado, investigar os processos hidrológicos em seu âmbito é essencial, devido à sua enorme participação nos recursos hídricos nacionais. No presente estudo, o foco é dado ao processo de infiltração de água no solo em suas fitofisionomias.

A infiltração de água é um processo essencial do ciclo hidrológico para os ecossistemas terrestres (ZHAO et al., 2013), sendo que alguns fatores influenciam esse processo. Um deles é a cobertura vegetal (ALMEIDA et al., 2018). Portanto, as pesquisas desse trabalho percorrem essa temática.

O primeiro capítulo da presente dissertação busca levantar os artigos publicados em periódicos que analisam o processo de infiltração em coberturas nativas do bioma Cerrado. Com isso, foram identificados alguns aspectos (método, número amostral, local e outros), principalmente, a fitofisionomia na qual foi avaliada a capacidade de infiltração.

O segundo capítulo procura caracterizar e identificar diferenças na capacidade de infiltração, entre duas fitofisionomias do bioma Cerrado. As fitofisionomias avaliadas foram Cerrado típico e Campo sujo, formações distintas, uma savânica e outra campestre, respectivamente. Tal pesquisa ocorreu na Reserva Ecológica do IBGE (RECOR) em Brasília-DF.

Perante os capítulos apresentados, esse manuscrito procura contribuir e acrescentar mais informação e conhecimento sobre a dinâmica das águas desse bioma, em especial, em coberturas vegetais nativas (fitofisionomias).

## Referências

ALMEIDA, W. S.; PANACHUKI, E.; OLIVEIRA, P. T. S.; MENEZES, R. S. ALVES SOBRINHO, T.; CARVALHO, D. F. Effect of soil tillage and vegetal cover on soil water infiltration. **Soil & Tillage Research**. 175, p. 130-138, 2018.

CAMPOS FILHO, R. P. Um olhar geopolítico sobre a água no cerrado: apontamentos para uma preocupação estratégica. In: PELÁ, M; CASTILHO, D. (orgs.). **Cerrado: perspectivas e olhares**. Goiânia: Ed. Vieira, p. 93-112, 2010.

KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. A conservação do Cerrado brasileiro. **Megadiversidade**. V.1, n.1, p. 147-155, 2005.

LIMA, J. E. F. W. Situação e perspectivas sobre as águas do Cerrado. **Ciência e Cultura**. Campinas-SP, v.63, n.3, p.27-29, 2011.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. As principais fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. & RIBEIRO, J. F. (Eds.). **Cerrado: Ecologia e Flora**. Brasília, Embrapa Cerrados, p: 151-212, 2008.

SANO, E. E.; RODRIGUES, A. A.; MARTINS, E. S.; BETTIOL, G. M.; BUSTAMANTE, M. M. C.; BEZERRA, A. S.; COUTO JUNIOR, A. F.; VASCONCELOS, V.; SCHULER, J.; BOLFE, E. L. Cerrado ecoregions: a spatial framework to assess and prioritize Brazilian savanna environmental diversity for conservation. **Journal of Environmental Management**. 232, p. 818-828, 2019. DOI: 10.1016/j.jenvman.2018.11.108

WWF - WORLD WILDLIFE FUND FOR NATURE. **Cerrado: Berço das águas**. 2012. Disponível em: <[https://www.wwf.org.br/informacoes/biblioteca/publicacoes\\_cerrado/?uNewSID=31283](https://www.wwf.org.br/informacoes/biblioteca/publicacoes_cerrado/?uNewSID=31283)> Acesso em: 28 dez. 2018.

ZHAO, Y.; WU, P.; ZHAO, S.; FENG, H. Variation of soil infiltrability across a 79-year chronosequence of naturally restored grassland on the Loess Plateau, China. **Journal of Hydrology**. 504, p. 94-103, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2013.09.039>

# 1 - REVISÃO SISTEMÁTICA DO PROCESSO DE INFILTRAÇÃO DE ÁGUA EM FITOFISIONOMIAS DO BIOMA CERRADO

## Resumo:

O Cerrado é o segundo bioma em dimensão espacial do Brasil, caracterizado por diversas fitofisionomias, divididas em formações savânicas, campestres e florestais. Esse bioma ocupa um importante patamar diante dos recursos hídricos nacionais e, por isso, é fundamental investigar o comportamento dos processos hidrológicos, em especial a infiltração de água no solo. Diante das diferentes fitofisionomias nesse bioma e a cobertura vegetal sendo um dos fatores que influencia a infiltração de água, o objetivo deste trabalho foi realizar uma revisão sistemática sobre infiltração de água no solo em fitofisionomias do bioma Cerrado. O levantamento de artigos foi realizado nas bases científicas *Web of science*, Periódicos Capes, e no *Google* acadêmico. Os termos chaves para a pesquisa foram “infiltração” AND “Cerrado”, “infiltration” AND “Cerrado” e “infiltração no Cerrado”. Os critérios de exclusão foram, através do título, resumo e se existisse dúvida da existência da informação de interesse (capacidade de infiltração em coberturas nativas do Cerrado), os artigos eram investigados na íntegra. Essa pesquisa encontrou quinze artigos (22 experimentos), com estudos predominantes na região centro-oeste. A média da capacidade de infiltração dos estudos encontrados foi de 792 mm/h. Grande parte dos estudos dos estudos não definem estritamente a fitofisionomia (doze artigos), denominando apenas como vegetação nativa, como “Cerrado” e “Cerrado nativo” entre outros. A junção desses estudos mostra a importância hidrológica do Cerrado e das formações nativas para o processo de infiltração. No entanto, é possível existir diferenças entre os diferentes tipos de vegetação nativa do bioma, o que merece ser investigado devido sua diversidade de fitofisionomias.

**Palavras-chave:** Cobertura nativa; Recursos hídricos; Solo; Capacidade de infiltração.

## 1 - A SYSTEMATIC REVIEW OF WATER INFILTRATION PROCESS IN THE CERRADO BIOME PHYTOPHYSIOGNOMIES

### Abstract:

The Cerrado is the second largest biome of Brazil, characterized by differences phytophysiognomies divided in savannas, grasslands and forests formations. This biome is vital to maintain national water resources. Therefore, it is fundamental to investigate the hydrologic processes behavior, particularly soil water infiltration. Considering the different phytophysiognomies and the influence of vegetal cover on water infiltration, the objective of this research was to carry out a systematic review on the soil water infiltration in phytophysiognomies of the Cerrado biome. The articles were collected from Web of Science, Periódicos Capes and Google Scholar databases. The key terms were “infiltração” AND “Cerrado”, “infiltration” AND “Cerrado” and “infiltração no Cerrado”. The exclusion criteria were the title, abstract and if there was any doubt in existing information of interest (infiltration capacity in native covers in the Cerrado) the articles were red entirely. This research found fifteen articles (22 experiments), with studies prevailing in the Brazilian center-west region. The average of infiltration capacity of studies found was 792 mm h<sup>-1</sup>. A great part of infiltration capacity studies did not define which phytophysiognomy was studied (twelve articles), using terminologies such as “Cerrado” and “Cerrado nativo” and others. These studies show the hydrologic importance of the Cerrado biome and native formations to the infiltration process. However, it is possible that there are differences among the different types of native vegetation in the biome, that deserves to be investigated owing to its phytophysiognomy’s diversity.

**Keywords:** Native cover; Water resources; Soil; Infiltration capacity.

### Introdução

O Cerrado é o segundo maior bioma do Brasil (KLINK; MACHADO, 2005; OVERBECK et al., 2015), considerado um *hotspot* da biodiversidade global (STRASSBURG

et al., 2017). Diferentemente da Amazônia e da Mata Atlântica que possuem larga dominância de formações florestais, o bioma Cerrado contempla uma ampla diversidade de fitofisionomias que variam de formações campestres (*e.g.* Campo limpo e Campo sujo) gradando para formações savânicas (*e.g.* Cerrado denso, Cerrado típico e Cerrado ralo) e florestais (*e.g.* Cerradão e Mata de galeria) (EITEN, 1972; RIBEIRO; WALTER, 2008; BALL et al., 2015). Essa heterogeneidade vegetal é traduzida também numa alta diversidade biológica, em especial de espécies endêmicas (EITEN, 1972).

Além da importância biológica, a grande extensão territorial do bioma Cerrado, juntamente de sua localização no Planalto Central, faz ocorrerem cabeceiras de importantes bacias hidrográficas (Tocantins-Araguaia, São Francisco e Paraná) dentro desse bioma (LIMA; SILVA, 2005). Nesse sentido, os rios de menor porte que nascem no bioma Cerrado, ao juntarem-se, transformam-se em rios de maior porte cujo curso se direciona para outros biomas, por exemplo, a Mata Atlântica (caso do rio Paraná) e Amazônia (caso do rio Tocantins-Araguaia). Dessa forma, o bioma possui também considerável importância estratégica no que se refere à conservação de recursos hídricos do país (LIMA, 2011), contribuindo com a dessedentação de animais, consumo humano e na manutenção dos processos ec hidrológicos desse e de outros biomas (OLIVEIRA et al. 2014), além das atividades econômicas (abastecimento público, agricultura e indústria).

Diante da importância hídrica do bioma Cerrado, existem diversos processos hidrológicos que influenciam na entrada (superfície terrestre) e saída (atmosfera) de água, tais como precipitação, escoamento superficial, infiltração, interceptação, evapotranspiração (MIRANDA et al., 2010; CHAPIN et al., 2011). Logo, investigar tais processos é fundamental para a compreensão do comportamento hidrológico dentro do Cerrado, principalmente em um domínio tão amplo e distinto.

Há diversos trabalhos sobre processos hidrológicos desenvolvidos no bioma Cerrado (SILVA; KATO, 1998; HONDA et al., 2015; OLIVEIRA et al., 2014; OLIVEIRA et al., 2015; OLIVEIRA et al., 2017; SANTOS; KOIDE, 2016). No entanto, as pesquisas relativas ao processo de infiltração de água no solo se fazem necessárias, sobretudo, pela escassez de estudos sobre formações nativas. Por exemplo, um estudo de revisão do Cerrado levantou apenas quatro pesquisas de infiltração nessas formações (HUNKE et al., 2014). Dessas pesquisas, apenas uma cita a fitofisionomia de modo preciso. Além disso, o número de estudos demonstra a falta de pesquisas, especialmente por se tratar de um processo relevante, que influencia a disponibilidade de água para as plantas (cultivadas ou não) e para os

aquíferos. No último caso, a água infiltrada serve para a manutenção do fluxo de base dos corpos hídricos superficiais durante a estação seca. Por outro lado, quando não ocorre a infiltração, a água pluvial passa a escorrer sobre superfície do solo. Com isso, aumenta-se o potencial de rápidos picos de vazão nos rios e de gerar erosões (CECÍLIO et al., 2003; BRUIJNZEEL, 2004; LIPIEC et al., 2006; DE MORAIS, 2012; SCOPEL et al., 2013).

A dinâmica de infiltração em áreas naturais é extremamente importante para o funcionamento dos ecossistemas. Entretanto, os estudos que buscam descrever e esclarecer as diferenças de infiltração nos ecossistemas naturais, através das propriedades físicas do solo e dos processos ecológicos são escassos, quando comparados a estudos que avaliam os efeitos de mudança de uso da terra (ILSTEDT et al., 2007). Por isso, é fundamental levantar informações das pesquisas de infiltração em formações nativas do bioma Cerrado, principalmente pelas diversas fitofisionomias que compõem esse domínio. Essa variação paisagística (fitofisionômica) torna necessário estudar os processos hidrológicos, especialmente a infiltração de água no solo, já que uma das variáveis que influenciam nesse processo é a cobertura vegetal (SILVA; KATO, 1998; MENDONÇA et al., 2009; BRADY; WEIL, 2013; ALMEIDA et al., 2018).

Diante da riqueza fitofisionômica e da contribuição hidrológica do bioma Cerrado, é importante reunir informações sobre os processos hidrológicos desse domínio, excepcionalmente, a infiltração. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi realizar uma revisão sistemática sobre infiltração de água no solo em fitofisionomias do bioma Cerrado.

## **Procedimentos metodológicos**

### ***Metodologia da revisão sistemática***

A pesquisa foi desenvolvida através da busca sistemática de artigos, sobre a temática de infiltração de água no solo, exclusivamente, para as coberturas nativas de Cerrado. O levantamento foi feito através de três plataformas de pesquisa: *Web of Science* (dados coletados na coleção principal), Periódicos Capes (dados coletados em busca avançada) e *Google acadêmico*. O intervalo temporal da pesquisa na *Web of Science* foi de 1945-2017, dentro do Periódicos Capes foi de 1997-2017 e no *Google acadêmico* não teve especificação temporal.

As pesquisas foram realizadas com os seguintes conjuntos: “*infiltration*” AND “Cerrado”, “infiltração” AND “Cerrado”, “infiltração no Cerrado”. As palavras-chave junto do termo boleado foram utilizadas, respectivamente, no *Web of Science* e no Periódico Capes,



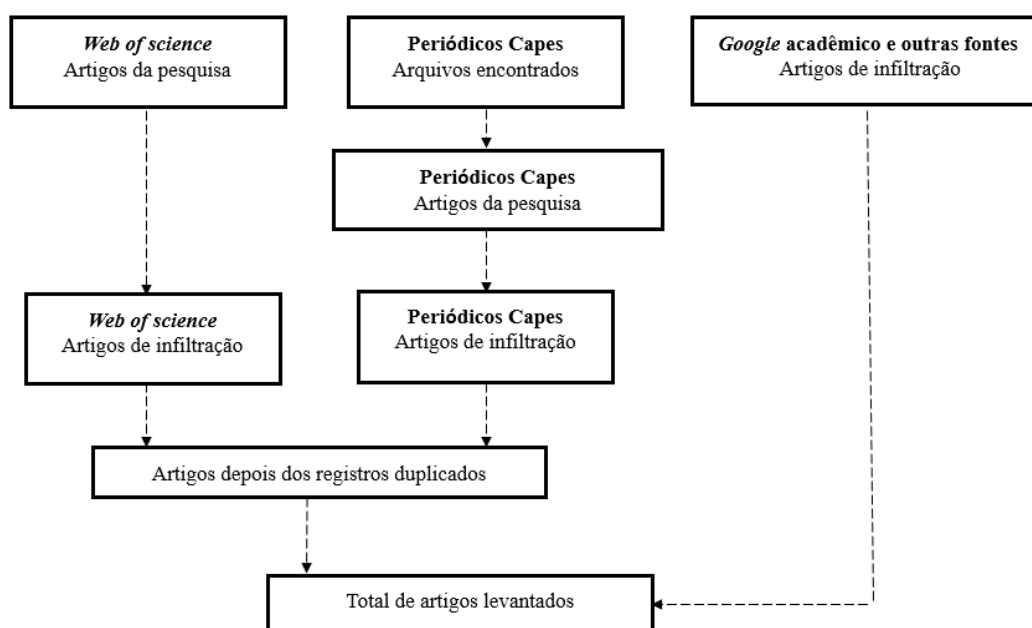
já a última expressão foi utilizada no *Google* acadêmico, para conseguir resultados mais satisfatórios na busca dos artigos com as informações desejadas. A revisão sistemática com tais conjuntos foi realizada no mês de Maio de 2018.

O processo de exclusão dos artigos levou em consideração o título, o resumo e, caso persistissem dúvidas sobre a existência da principal informação interessada (capacidade de infiltração em coberturas nativas do Cerrado), os artigos eram investigados integralmente. É importante destacar que o foco da pesquisa foi coletar artigos em periódicos, excluindo outros tipos de documentos (*e.g.* livros, dissertações, teses e outros).

O levantamento na base de dados *Web of Science* teve como princípio a pesquisa com palavras-chaves em inglês, totalizando dezessete artigos. Destes, apenas quatro continham as informações desejadas. Em relação à Plataforma Periódicos Capes, a busca resultou em 130 arquivos (127 artigos e 3 livros). Dentre os artigos, oito possuíam informações sobre coberturas nativas de Cerrado. Em seguida, filtrou-se artigos encontrados em mais de uma plataforma de forma, para não haver repetição de dados devido à diferentes plataformas.

A base de dados do *Google* acadêmico, possibilitou encontrar outros trabalhos. Além do mais, outros artigos foram levantados pelas referências de trabalhos envolvidos com a temática. Tais pesquisas encontraram mais 6 artigos.

Ao fim de todo processo de investigação nas bases de dados, ilustrado na Figura 1, foram consolidados 15 artigos com informações relativas ao objetivo.



**Figura 1** - Diagrama da pesquisa.

## Análises estatísticas

Utilizou-se estatística descritiva para sintetizar os resultados da presente revisão. Para isso, médias, mediana e estatísticas de variabilidade foram obtidas utilizando o programa *Paleontological Statistics - PAST*, (HAMMER, 2001) versão 3.18.

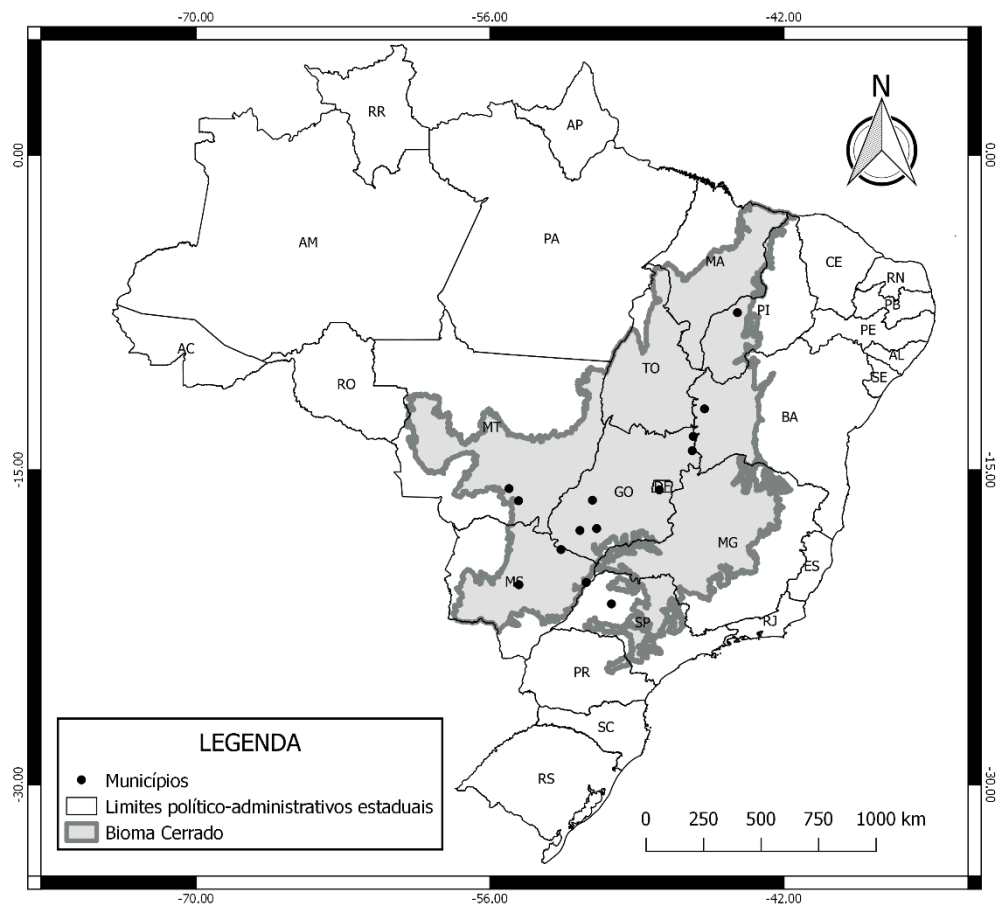
## Resultados

A busca resultou em 15 artigos, representando 22 experimentos, em que a infiltração de água no solo foi avaliada (Tabela 1). As pesquisas estão distribuídas em diversas localidades nas regiões Centro-Oeste (DF, GO, MS, MT), Sudeste (SP) e Nordeste (PI, BA) (Figura 2). A região com maior número de estudos foi na região Centro-Oeste (13 artigos).

**Tabela 1 - Estudos de infiltração dentro do bioma Cerrado**

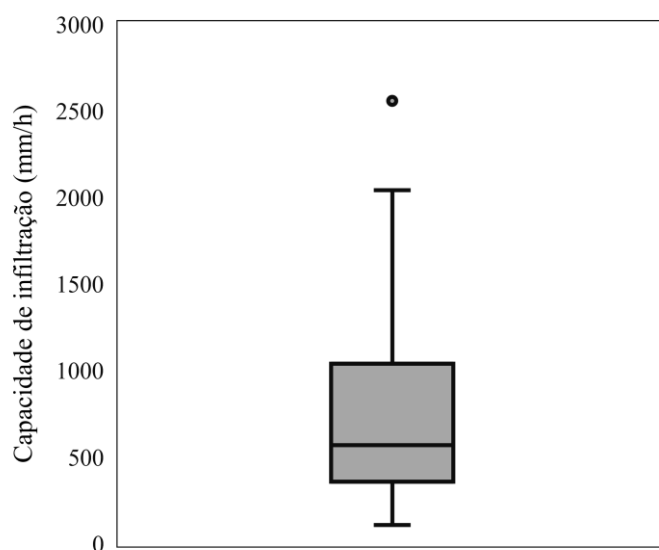
AUTORES	LOCAL	FISIONOMIA	SOLO	MÉTODO	Nº AMOSTRAL	INFILTRAÇÃO (mm/h)
Souza; Alves (2003)	Selvíria-MS	Cerrado	Latossolo Vermelho Distrófico argiloso	Anéis concêntricos	10	330
Alves et al. (2005)	Glicério-SP	Cerrado (mata nativa)	Latossolo Vermelho Amarelo distrófico franco argilo arenoso	Anéis concêntricos (método de inundação)	-	1165
Alves et al. (2007)	Selvíria-MS	Vegetação original (Cerrado)	Latossolo Vermelho distrófico	Anéis concêntricos	-	300
Araújo et al. (2007)	Fazenda Água Limpa-DF	Cerrado <i>stricto sensu</i>	Latossolo Vermelho Amarelo distrófico	Duplo anel	3	2040
Gaspar et al. (2007) *		Cerrado Ralo	Latossolo Vermelho Amarelo	Infiltrômetro de duplo anel	4	702
Gaspar et al. (2007) *		Cerrado	Latossolo Vermelho Amarelo	Infiltrômetro de duplo anel	5	1009,4
Gaspar et al. (2007) *		Cerrado	Neossolo Quartzarênico	Infiltrômetro de duplo anel	1	2556
Gaspar et al. (2007) *	* Posse-GO; São Domingos-GO; Luís Eduardo	Vereda	Neossolo Quartzarênico	Infiltrômetro de duplo anel	1	396
Gaspar et al. (2007) *	Magalhães-BA.	Cerrado <i>stricto sensu</i>	Latossolo Vermelho Amarelo	Infiltrômetro de duplo anel	1	432
Gaspar et al. (2007) *		Campo Limpo	Latossolo Vermelho Amarelo	Infiltrômetro de duplo anel	1	1476
Gaspar et al. (2007) *		Cerrado	Latossolo Vermelho Amarelo arenoso	Infiltrômetro de duplo anel	1	1620
Rodrigues et al. (2007)	Selvíria – MS	Cerrado	Latossolo Vermelho	Infiltrômetro de anéis concêntricos	3	600
Fontenele et al. (2009)	Fazenda Progresso – PI	Cerrado nativo	Latossolo Amarelo Distrófico textura média	Duplos anéis concêntricos com cargas variáveis	3	356
Gomes Filho et al. (2011)	Fazenda Boa Vista Jataí – GO	Cerrado <i>stricto sensu</i>	Plintossolo Háplico	Cilindro infiltrômetro duplo	1	242
Gomes Filho et al. (2011)	Fazenda Boa Vista Jataí – GO	Vegetação graminóide rasteira	Plintossolo Háplico	Cilindro infiltrômetro duplo	1	170
Bono et al. (2012)	Campo Grande - MS	Cerradão	Latossolo Vermelho Distrófico	Permeâmetro de carga constante com duplo anel	4	888,3
De Castro et al. (2012)	Chapadão do Sul - MS	Cerrado (Floresta tropical subcaducifólia)	Latossolo Vermelho Distrófico Típico	Anéis concêntricos	5	106,8

Vilarinho et al. (2013)	Campo experimental da UFMT Rondonópolis - MT	Cerrado nativo	Latossolo Vermelho Distrófico textura média arenosa	Duplo anel	1	360
Silva et al. (2014)	Instituto Federal Goiano Rio Verde - GO	Cerrado (área de preservação nativa)	Latossolo Vermelho distrófico de textura média	Infiltrômetro de anéis concêntricos	4	568,9
Batista; Sousa (2015)	Iporá - GO	Cerrado Caducifólio	Latossolo Bruno Escuro de textura argilosa	Anéis concêntricos	1	565,2
Hunke et al. (2015)	Jaciara - MT	Cerrado	Latossolo Vermelho Escuro Distrófico	Anel único	17	1047
Cabral Filho et al. (2017)	Instituto Federal Goiano Rio Verde - GO	Cerrado permanente (área de reserva)	Latossolo Vermelho distrófico de textura média	Cilindro de duplo anéis	-	504,3



**Figura 2** – Localidades aproximada dos estudos de infiltração de água em fitofisionomias do Cerrado.

As capacidades de infiltração levantadas do Cerrado (Figura 3) tiveram média de 792 mm/h. Com relação à variabilidade, o desvio padrão foi de 639,5 mm/h. Houve grande amplitude observada em uma dada fitofisionomia. Por exemplo, os valores de 432 mm/h e 2040 mm/h foram obtidos no Cerrado *stricto sensu* sob o mesmo tipo de solo.

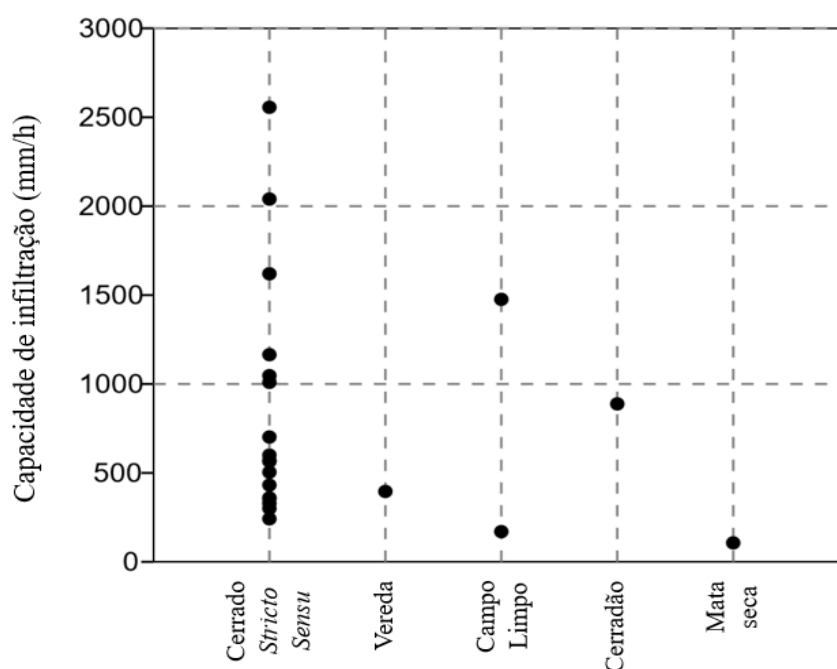


**Figura 3** - Diagrama de caixa da capacidade de infiltração abrangendo todos estudos encontrados no Cerrado.

Os solos em que os estudos de infiltração foram realizados são Latossolos (amarelo, vermelho, vermelho-amarelo, bruno escuro), Plintossolo Háptico e Neossolo Quartzarênico. Em relação aos solos constatados nos artigos, os Latossolos são os que mais possuem informações de infiltração de água no solo. Entretanto, os Latossolos Amarelo e Bruno estiveram presentes em apenas um estudo.

Em relação aos métodos utilizados para a medição de infiltração, três foram os mais utilizados, a saber: (1) anéis concêntricos/duplo anel (utilizado em 13 artigos), (2) permeâmetro com carga constante com duplo anel e (3) com apenas um anel. Diretamente associado com o método, o número de amostras foi bastante variável e relativamente baixo na maioria dos artigos (Tabela 1). A média do número amostral dos estudos foi de 3,5 amostras, com mínimo e máximo de 1 e 17 amostras, respectivamente.

Houve distintas coberturas encontradas (Figura 4). Contudo, a maioria dos artigos não define estritamente a fitofisionomia da área (doze artigos). Eles apenas denominam-na como uma cobertura nativa, tal como “Cerrado”, “Cerrado nativo”, “Cerrado caducifólio”. Essas denominações foram assumidas apenas como Cerrado *stricto sensu* (Figura 4), por não ter a descrição precisa, baseada em alguma classificação disponível, tal como a de Ribeiro e Walter (2008) ou apontada por Eiten (1972). Além disso, as classificações de Cerrado *stricto sensu* e Cerrado Ralo também foram adicionadas a categoria Cerrado *stricto sensu*.



**Figura 4** - Capacidade de infiltração por fitofisionomias.

## Discussão

Hunke et al. (2014) mostraram apenas quatro estudos de infiltração em coberturas nativas de Cerrado. A presente pesquisa, além dos quatro estudos, encontrou mais onze artigos (Tabela 1). A maior parte desses estudos localizam-se na região Centro-Oeste. Tal resultado, pode estar ligado ao domínio de atividades agropecuárias, já que as condições ambientais (*e.g.* clima, relevo) e o incentivo de projetos governamentais favoreceram o uso dos sistemas de cultivo intensivo na região (FARIAS; ZAMBERLAN, 2013). Assim, diversas pesquisas são realizadas para compreender a dinâmica do uso da terra (*e.g.* ARAÚJO et al., 2007; GOMES FILHO et al., 2011; BONO et al., 2012), pois as propriedades hídricas, densidade do solo, compactação e a estabilidade de agregados são parâmetros sensíveis para mensurar os efeitos do uso da terra (HUNKE et al., 2015).

O tipo de solo é um dos componentes chave da infiltração, já que fatores como densidade (BRANDÃO et al., 2006; ALMEIDA et al., 2018), estrutura (BRANDÃO et al., 2006), textura (BRANDÃO et al., 2006; MENDONÇA et al., 2009), porosidade, tamanho e estabilidade dos agregados (ALMEIDA et al., 2018) influenciam no processo de infiltração. O presente estudo encontrou avaliações de infiltração em três classes de solo (Latosolos, Plintossolos e Neossolos). Diante da maior e mais diversa savana tropical do planeta (KLINK; MACHADO, 2005; BALL et al., 2015), são encontradas onze principais classes de solos (REATTO; MARTINS, 2005). A predominância dos Latossolos, entre os solos encontrados,

talvez seja pela sua abrangência de 46% no bioma (REATTO et al., 1998; VALENTE, 2006; SANTOS et al., 2010), e devido sua ocorrência em relevos plano a suave-ondulado (REATTO; MARTINS, 2005), fator que favorece o uso intensivo agrícola (mecanização). Entre os tipos de Latossolos, o Latossolo Bruno e o Latossolo Amarelo tiveram apenas, um estudo de infiltração de água no solo. No caso do Latossolo Amarelo, isso pode ser reflexo da sua menor abrangência no bioma, cerca de 2% (REATTO; MARTINS, 2005).

No que se refere ao esforço amostral, é necessário utilizar um número de amostras considerável para haver boa representatividade (HASSLER et al., 2014), já que é comum uma ampla variabilidade espacial dos atributos do solo. Por exemplo, sob o mesmo tipo de solo, método e cobertura vegetal, a capacidade de infiltração de 432 mm/h obtida por Gaspar et al. (2007) é claramente inferior àquela encontrada por Araújo et al. (2007), com 2.040 mm/h. A única diferença entre tais estudos foi o número amostral com 1 e 3 amostras, respectivamente. Diferentes números de amostras podem gerar valores nitidamente discrepantes (SALES et al., 1999). Logo, para um conhecimento preciso da hidrologia do Cerrado, em especial da infiltração, é necessário estudos que utilizem um maior número amostral (*e.g.* SOUZA; ALVES, 2003; HUNKE et al., 2015). O método predominante nos quinze estudos encontrados foi o de duplo anel/anéis concêntricos. Tal método, pode ter influenciado no número amostral, uma vez que o referido método pode levar muitas horas para alcançar a estabilização da infiltração de água no solo.

Por último, na maior parte dos estudos (86%), as coberturas nativas do Cerrado são usadas, de modo geral, como controle para a comparação entre os diferentes manejos (*e.g.* ALVES et al., 2007; BONO et al. 2012, SILVA et al., 2014). Tal fato, provavelmente, induz a falta de descrição da fitofisionomia do bioma Cerrado, já que o objetivo é mostrar como os diferentes usos da terra alteram a dinâmica da água, tomando as coberturas nativas como referência. Como a cobertura vegetal é um dos fatores que influenciam a infiltração (SILVA; KATO, 1998; SILVA et al., 2003; BRANDÃO et al., 2006; MENDONÇA et al., 2009; BRADY; WEIL, 2013; ALMEIDA et al., 2018), seria interessante que as futuras pesquisas apresentassem de maneira precisa, qual fitofisionomia está sendo objeto de estudo e qual classificação foi adotada (*e.g.* EITEN, 1972; COUTINHO, 1978; RIBEIRO et al., 1983; RIBEIRO e WALTER, 2008). A descrição da fitofisionomia ocorre em alguns trabalhos (ARAÚJO et al., 2007; GASPAR et al., 2007; GOMES et al., 2011; BONO et al., 2012). Porém, a maioria dos artigos faz uma descrição generalizada, classificando a vegetação apenas por “Cerrado/Cerrado nativo” (Figura 4). Tal denominação, provavelmente foi usada

para descrever formações savânicas, já que a maior parte dos estudos realizados estão sob Latossolos, que é o principal solo de ocorrência sob vegetação de Cerrado (EITEN, 1972). Contudo, essa denominação pode ter sido empregada sob diferentes tipos de vegetação (sobretudo formações savânicas). Diante das características de heterogeneidade das coberturas vegetais do Cerrado (EITEN, 1972; HARIDASAN, 2000; BALL et al., 2015; RIBEIRO; WALTER, 2008), também conhecido por possuir um mosaico de coberturas nativas (BALL et al., 2015; SILVA et al., 2015), é primordial descrever a fitofisionomia, devido as coberturas poderem influenciar no comportamento hídrico do bioma, como encontrado por Oliveira et al. (2017).

### **Considerações finais**

Os solos do bioma Cerrado possuem uma capacidade de infiltração variável e apresenta uma média de 792 ( $\pm$  639,5) mm/h. A presente revisão destaca a importância hidrológica do Cerrado e dessas coberturas para a infiltração de água no solo. Especialmente, por esse processo influenciar o abastecimento de aquíferos e, por conseguinte, na regulação hídrica de corpos d'água.

Os quinze estudos de infiltração de água encontrados foram predominantes em Latossolos. No que se refere aos métodos, os anéis concêntricos foi o mais presente, geralmente, aliados a um baixo número amostral. Essas informações apontam a necessidade de investigar a infiltração de água em outros tipos de solo do Cerrado e, que o uso desse método pode influenciar em um baixo número amostral, a qual é importante ser ampliada.

Os estudos avaliaram, em sua maioria, os diferentes tipos de uso da terra e não possuem caracterização precisa das fitofisionomias, denominando as coberturas vegetais apenas como nativas. Esses fatos mostram que existe uma lacuna sobre pesquisas de infiltração de água no solo sob coberturas nativas do Cerrado. Tais pesquisas são importantes devido as diferentes fitofisionomias desse bioma.

### **Referências**

ALMEIDA, W. S.; PANACHUKI, E.; OLIVEIRA, P. T. S.; MENEZES, R. S. ALVES SOBRINHO, T.; CARVALHO, D. F. Effect of soil tillage and vegetal cover on soil water infiltration. **Soil & Tillage Research**. 175, p. 130-138, 2018.

ALVES, M. C; SUZUKI, L. E. A. S; HIPÓLITO, J. L; CASTILHO, S.R. Propriedades físicas e infiltração de água de um Latossolo Vermelho Amarelo (Oxisol) do noroeste do estado de São Paulo, Brasil, sob três condições de uso e manejo. **Cadernos do Laboratório Xeológico de Laxe**. Corunha, v.30, p. 167-180, 2005.

ALVES, M. C.; SUZUKI, L. G. A. S.; SUZUKI, L. E. A. S. Densidade do solo e infiltração de água como indicadores da qualidade física de um latossolo vermelho distrófico em recuperação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v.31, p. 617-625, 2007.

ARAÚJO, R.; GOEDERT, W. J.; LACERDA, M. P. C. Qualidade de um solo sob diferentes usos e sob cerrado nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v. 31, p. 1099-1108, 2007.

BALL, A.; SANCHEZ-AZOFEIFA, A.; PORTILLO-QUINTERO, C.; RIVARD, B.; CASTRO-CONTRERAS, S.; FERNANDES, G. Patterns of leaf biochemical and structural properties of Cerrado Life Forms: Implications for Remote Sensing. **Plos One**. 10 (2), p. 1-15, 2015.

BATISTA, D. F.; SOUSA, F. A. Avaliação da condutividade hidráulica do solo sobre condições de cobertura por Cerrado e pastagem. **Geoambiente on-line**. Jataí. 25, p.1-20, 2015.

BONO, J. A. M.; MACEDO, M. C. M.; TORMENA, C. A.; NANNI, M. R.; GOMES, E. P.; MÜLLER, M. M. L. Infiltração de água no solo em um latossolo vermelho da região sudoeste dos Cerrados com diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 1, p. 1845–1853, 2012.

BRADY, N. C.; WEIL, R. R. **Natureza e propriedades do solo**. Tradução: LEPSCH, Igo Fernando. 3ª Ed. Porto Alegre: Bookman, p. 713, 2013.

BRANDÃO, V. S.; CECILIO, R. A.; PRUSKI, F. F.; SILVA, D. D. **Infiltração da água no solo**. 3ª ed. Editora UFV: Viçosa, p. 120, 2006.

BRUIJNZEEL, L. A. Hydrological functions of tropical forests: not seeing the soil for the trees. **Agriculture, Ecosystems and Environment**. 104, p. 185-228, 2004. DOI: 10.1016/j.agee.2004.01.015

CABRAL FILHO, F. R.; CUNHA, F. N.; SILVA, N. F.; TEIXEIRA, M. B.; SANTOS, L. N. S.; VIEIRA, G. S. Water infiltration rate in dystroferic red latosol under different cropping systems. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**. Fortaleza, v. 11, n. 3, p. 1371-1381, 2017.

CECÍLIO, R. A.; SILVA, D. D.; PRUSKI, F. F.; MARTINEZ, M. A. Modelagem da infiltração de água no solo sob condições de estratificação utilizando-se a equação Green-Ampt. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande-PB, v.7, n.3, p.415-422, 2003.

CHAPIN, F. S, III.; MATSON, P. A.; VITOUSEK, P. M. **Principles of terrestrial ecosystem ecology**. 2 ed. New York: Springer, p. 528, 2011.

COUTINHO, L. M. O conceito de Cerrado. **Revista Brasileira de Botânica**. São Paulo, v.1, p. 17-23, 1978.

DE CASTRO, M. A.; CUNHA, F. F.; LIMA, S. F.; PAIVA NETO, V. B.; LEITE, A. P.; MAGALHÃES, F. F.; CRUZ, G. H. M. Atributos físico-hídricos do solo ocupado com pastagem degradada e floresta nativa no Cerrado Sul-Mato Grossense. **Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities research medium**. Ituiutaba, v. 3, n. 2, p. 498-512, 2012.

DE MORAIS, F. Infiltração – uma variável geomorfológica. **Caderno de Geografia**. Belo Horizonte-MG, v.22, n.38, p.73-97, 2012.

EITEN, G. The Cerrado Vegetation of Brazil. **Botanical Review**. V. 38, n.2, p. 201-341, 1972.

FARIAS, G. M.; ZAMBERLAN, C. O. Expansão da Fronteira Agrícola: Impacto das políticas de



desenvolvimento regional no Centro-oeste brasileiro. **Revista Brasileira de Planejamento e Desenvolvimento**. Curitiba, v. 2, n. 2, p. 58-68, 2013.

FONTENELE, W; SALVIANO, A. A. C; MOUSINHO, F. E. P. Atributos físicos de um Latossolo Amarelo sob sistemas de manejo no cerrado piauiense. **Revista de Ciência Agronômica**. Fortaleza, v. 40, n. 2, p. 194-202, 2009.

GASPAR, M. T. P.; CAMPOS, J. E. G.; CADAMURO, A. L. M. Condições de infiltração em solos na região de recarga do sistema aquífero Urucuia no oeste da Bahia sob diferentes condições de usos. **Revista Brasileira de Geociências**. São Paulo, v. 37, n.3, p. 542-550, 2007.

GOMES FILHO, R. R.; SILVA, J. H.; PAULINO, H. B.; CARNEIRO, M. A. C.; COSTA, C. A. G. Velocidade de infiltração da água num plintossolo háplico de campo de murundu sob uma cronossequência de interferência antrópica. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**. Fortaleza, v.5, n.3, p. 245-253, 2011.

HAMMER, O.; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. **Palaeontologia Electronica**. 4 (1). 9 p., 2001.

HARIDASAN, M. Nutrição mineral de plantas nativas do Cerrado. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**. Campinas, v. 12, n. 1, p. 54-64, 2000.

HASSLER, S. K.; LARK, R. M.; ZIMMERMANN, B.; ELSENBEER, H. Which sampling design to monitor saturated hydraulic conductivity? **European Journal of Soil and Science**. 65, p. 792-802, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1111/ejss.12174>

HONDA, E. A.; MENDONÇA, A. H.; DURIGAN, G. Factors affecting the stemflow in the Brazilian Cerrado. **Ecohydrology**. 8, p. 1351-1362, 2015.

HUNKE, P.; MUELLER, E. N.; SCHRÖDER, B.; ZEILHOFER P. The Brazilian Cerrado: assessment of water and soil degradation in catchments under intensive agricultural use. **Ecohydrology**. V. 8, I. 6, 2014. DOI: 10.1002/eco.1573

HUNKE, P.; ROLLER, R.; ZEILHOFER, P.; SCHRÖDER, B.; MUELLER, E. N. Soil changes under different land-uses in the Cerrado of Mato Grosso, Brazil. **Geoderma Regional**. V. 4, p. 31-43, 2015. DOI: 10.1016/j.geodrs.2014.12.001.

ILSTEDT, U.; MALMER, A.; VERBEETEN, E.; MURDIYARSO, D. The affect of afforestation on water infiltration in the tropics: a systematic review and meta-analysis. **Forest Ecology and Management**. 251, p. 45-51. 2007.

KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. A conservação do Cerrado brasileiro. **Megadiversidade**. V.1, n.1, p. 147-155, 2005.

LIMA, J. E. F. W.; SILVA, E. M. Estimativa de produção hídrica superficial do Cerrado brasileiro. In: Scariot, A.; Sousa-Silva, J. C.; Felfili, J. M. (Orgs.), **Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, p. 61-72, 2005.

LIMA, J. E. F. W. Situação e perspectivas sobre as águas do Cerrado. **Ciência e Cultura**. Campinas-SP, v.63, n.3, p.27-29, 2011.

LIPIEC, J., KUŚ, J., SŁOWIŃSKA-JURKIEWICZ, A., NOSALEWICZ, A. Soil porosity and water infiltration as influenced by tillage methods. **Soil & Tillage Research**. 89, p. 210–220, 2006.

MENDONÇA, L. A. R.; VÁSQUEZ, M. A. N.; FEITOSA, J. V.; OLIVEIRA, J. F.; FRANCA, R. M.; VÁSQUEZ, E. M. F.; FRISCKORN, H. Avaliação de infiltração de solos submetidos a diferentes tipos de manejo. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**. Rio de Janeiro, v.14, n.1, p. 89-98, 2009.

MIRANDA, R. A. C.; OLIVEIRA, M. V. S.; SILVA, D. F.; Ciclo hidrológico planetário: abordagens e conceitos. **Geo UERJ**. Rio de Janeiro, v. 1, n. 21, p. 109-119, 2010.

OLIVEIRA, P. T. S.; NEARING, M. A.; MORAN, M. S.; GOODRICH, D. C.; WENDLAND, E.; GUPTA, H. V. Trends in water balance components across the Brazilian Cerrado. **Water Resources Research**. 50, p. 7100–7114, 2014. DOI:10.1002/ 2013WR015202.

OLIVEIRA, P. T. S.; WENDLAND, E.; NEARING, M. A.; R. L.; SCOTT, R. L.; ROSOLEM, R.; ROCHA, H. R. The water balance components of undisturbed tropical woodlands in the Brazilian cerrado. **Hydrology and Earth System Sciences**. 19, p. 2899-2910, 2015. DOI: 10.5194/hess-19-2899-2015

OLIVEIRA, P. T. S.; LEITE, M. B.; MATTOS, T.; NEARING, M. A.; SCOTT, R. L.; XAVIER, R. O.; MATOS, D. M. S.; WENDLAND, E. Groundwater recharge decrease with increased vegetation density in the Brazilian cerrado. **Ecohydrology**. 10, p. 1-8, 2017. DOI: 10.1002/eco.1759

OVERBECK, G. E.; VÉLEZ-MARTIN, E.; SCARANO, F. R.; LEWINSOHN, T. M.; FONSECA, C. R.; MEYER, S. T.; MULLER, S. C.; CEOTTO, P.; DADALT, L.; DURIGAN, G.; GANADE, G.; GOSSNER, M. M.; GUADAGNIN, D. L.; LORENZEN, K.; JACOBI, C. M.; WEISSER, W. W.; PILLAR, V. D. Conservation in Brazil needs to include non-forest ecosystems. **Diversity and Distributions**. 21, p. 1455-1460, 2015. DOI: 10.1111/ddi.12380

REATTO, A.; CORREIA, J. R.; SPERA, S.T. **Solos do Bioma Cerrado**: aspectos pedológicos. In: Sano, S.M.; Almeida, S.P. (ed.). **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, p. 47-83. 1998.

REATTO, A; MARTINS, E. S. Classes de solo em relação aos controles da paisagem do bioma Cerrado. In: SCARIOT, A; SOUSA-SILVA, J. C; FELFILI, J. M. **Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação**. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, 2005, p. 47-59.

RIBEIRO, J. F.; SANO, S. M.; MACÊDO, J.; SILVA, J. A. **Os principais tipos fitofisionômicos da região dos Cerrados**. Planaltina: Embrapa, p. 28, 1983.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. As principais fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. & RIBEIRO, J. F. (Eds.). **Cerrado: Ecologia e Flora**. Brasília, Embrapa Cerrados, p: 151-212, 2008.

RODRIGUES, G. B.; MALTONI, K. L.; CASSIOLATO, A. M. R. Dinâmica da regeneração do subsolo de áreas degradadas dentro do bioma Cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.11, n.1, p.73–80, 2007.

SCOPEL, I; SOUSA, M. S; MARTINS, A. P. Infiltração de água e potencial de uso de solos muito arenosos nos Cerrados (Savanas) do Brasil. **Boletim Goiano de Geografia**. Goiânia. V. 33, n. 2, 2013, p. 203-219.

SALES, L. E. O.; FERREIRA, M. M.; OLIVEIRA, M. S.; CURTI, N. Estimativa da velocidade de infiltração básica do solo. **Revista de Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 34, n. 11, p. 2091-2095, 1999.

SANTOS, M. A.; BARBIERI, A. F.; CARVALHO, J. A. M.; MACHADO, C. J. **O Cerrado brasileiro: notas para estudo**. Belo Horizonte: UFMG/Cedeplar, p. 15, 2010.

SANTOS, R. M.; KOIDE, S. Avaliação da Recarga de Águas Subterrâneas em Ambiente de Cerrado com Base em Modelagem Numérica do Fluxo em Meio Poroso Saturado. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. Porto Alegre, v. 21, n. 2, p. 451-465, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.21168/rbrh.v21n2.p451-465>

SILVA, C. L.; KATO, E. Avaliação de modelos para previsão da infiltração de água em solos sob cerrado. **Revista de Pesquisa agropecuária brasileira**. Brasília. V. 33, n. 7, p. 1149-1158, 1998.

SILVA, E. M.; AZEVEDO, J. A.; RAUBER, J. C.; REATTO, A. Caracterização físico-hídrica e hidráulica de solos do bioma Cerrado submetidos a diferentes sistemas de preparo. **Boletim de pesquisa e desenvolvimento/Embrapa Cerrados**. P. 22, 2003.

SILVA, N. F.; CUNHA, F. N.; OLIVEIRA, R. C.; CABRAL FILHO, F. R.; TEIXEIRA, M. B.; CARVALHO, J. J. Características físico-hídricas de um latossolo sobre diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**. Fortaleza. V. 8, n. 5, p. 375-390, 2014. DOI: [10.7127/rbai.v8n500245](https://doi.org/10.7127/rbai.v8n500245)

SILVA, R. B. M.; FRANCELINO, M. R.; MOURA, P. A.; MOURA, T. A.; PEREIRA, M. G.; OLIVEIRA, C. P. Relação solo/vegetação em ambiente de Cerrado sobre influência do Grupo Urucua. **Revista Ciência Florestal**. Santa Maria-RS, v.25, n.2, p. 363-373, 2015. DOI: [10.5902/1980509818455](https://doi.org/10.5902/1980509818455)

SOUZA, Z. M.; ALVES, M. C. Movimento de água e resistência à penetração em um Latossolo Vermelho distrófico de cerrado, sob diferentes usos e manejos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande. V. 7, n. 1, 2003, p. 18–23.

STRASSBURG, B. B. N.; BROOKS, T. B. FELTRAN-BARBIERI, R.; IRIBARREM, A.; CROUZEILLES, R.; LOYOLA, R.; LATAWIEC, A. E.; OLIVEIRA FILHO, F. J. B.; SCARAMUZZA, C. A. M.; SCARANO, F. R.; SOARES FILHO, B.; BALMFORD, A. Moment of truth for the Cerrado hotspot. **Nature Ecology and Evolution**. 1, p. 1–3, 2017. DOI: [10.1038/s41559-017-0099](https://doi.org/10.1038/s41559-017-0099)

VALENTE, C. R. Caracterização Geral e Composição Florística. In: GUIMARÃES, Lorena Dall' Ara; SILVA, Maria Aparecida Daniel da; ANACLETO; Teresa Cristina (orgs.). **Natureza viva: Cerrado**. Goiânia: Ed. da UCG, p. 19-44, 2006.

VILARINHO, M. K. C.; KOETZ, M.; SCHLINCHTING, A. F.; SILVA, M. C.; BONFIM-SILVA, E. M. Determinação da taxa de infiltração estável de água em solo de cerrado nativo. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**. Fortaleza. V. 7, p. 17–26, 2013. DOI: [10.7127/rbai.v7n100097](https://doi.org/10.7127/rbai.v7n100097)

## 2 - CAPACIDADE DE INFILTRAÇÃO DE ÁGUA NO SOLO EM DIFERENTES FITOFISIONOMIAS DO BIOMA CERRADO

### Resumo:

O consumo global de água aumenta devido ao crescimento populacional, políticas de segurança alimentar, entre outros, podendo agravar a escassez hídrica a partir da ação humana. O bioma Cerrado sofre com diversos impactos antrópicos, mesmo com suas águas vertendo para várias regiões hidrográficas do país. Esses impactos podem comprometer serviços ecossistêmicos ligados a água, como o seu próprio fornecimento. Diante disso, e conhecendo as variedades de fitofisionomias do Cerrado é importante compreender se distintas coberturas nativas desse bioma podem causar diferenças na capacidade de infiltração de água. Portanto, o objetivo desta pesquisa é avaliar a capacidade de infiltração do solo em duas fitofisionomias do bioma Cerrado, Campo sujo (formação campestre) e Cerrado típico (formação savânica). O estudo foi realizado na Reserva Ecológica do IBGE – Distrito Federal, onde as fitofisionomias são encontradas sobre Latossolo Vermelho. A metodologia utilizada foi a avaliação da capacidade de infiltração e a análise de variáveis que influenciam a infiltração de água no solo (densidade aparente do solo, porosidade total, resistência do solo à penetração, matéria orgânica). Os resultados apontam que a média da capacidade de infiltração de 697,8 mm/h ( $\pm 521,4$ ) no Cerrado típico foi superior e significativamente diferente da média do campo sujo de 413,5 mm/h ( $\pm 181,4$ ). Os demais aspectos avaliados do solo entre as fitofisionomias também apresentaram diferenças significativas. O solo sob a fitofisionomia Cerrado típico apresentou maior capacidade de infiltração relativo ao solo do Campo sujo.

**Palavras-chave:** Permeabilidade; Savana; Hidrologia; Campo sujo; Cerrado típico.

## 2 - INFILTRATION CAPACITY IN DIFFERENT PHYTOPHYSIOGNOMIES OF THE CERRADO BIOME

### Abstract:

The global consumption of water increases due to population growth, food security policies, among others, and may aggravate water scarcity from human action. The Cerrado biome suffers from a number of man-made impacts, even with its waters flowing into several river basin regions. These impacts may compromise ecosystem services linked to water, such as its own supply. Given this, and knowing the varieties of Cerrado phytophysiological, it is important to understand if different native coverages of this biome can cause differences in the water infiltration capacity. Therefore, the goal of this research is to evaluate the soil infiltration capacity in two phytophysiological of the Cerrado biome, *Campo Sujo* (grassland) and *Cerrado Típico* (savanna). The study was carried out in the IBGE ecological reserve – Federal District, where both phytophysiological are found on Red Oxisol. The methodology was to assess the infiltration capacity and the variables that influence the water infiltration (soil bulk density, total porosity, soil resistance to penetration, organic matter). The results show that infiltration capacity average of 697.8 mm h<sup>-1</sup> ( $\pm 521.4$ ) in the *Cerrado Típico* was higher and significantly different from the average of the *Campo Sujo* of 413.5 mm h<sup>-1</sup> ( $\pm 181.4$ ). The other aspects of the soil evaluated among the phytophysiological also showed significant differences. The soil under the *Cerrado Típico* phytophysiological presented greater soil infiltration capacity than the *Campo Sujo* phytophysiological.

**Keywords:** Permeability; Savanna; Hydrology; Campo sujo; Cerrado típico.

### Introdução

A demanda de água global é fortemente influenciada pelo crescimento da população, pela urbanização, por políticas de segurança alimentar-energética e por processos macroeconômicos (globalização e mudanças nos padrões de consumo) (WWAP, 2015). Essas

pressões geradas pela sociedade humana associadas a variação hidro-climática, favorecem a escassez hídrica (WWAP, 2016). Esse problema está sendo um desafio para o desenvolvimento sustentável da sociedade humana (MEKONNEN; HOKESTRA, 2016).

Diante do cenário de escassez hídrica, o impacto das alterações antrópicas pode agravar ainda mais tal situação (PUTNAM; BROECKER, 2017). Por exemplo, o bioma Cerrado, mesmo contribuindo para oito das doze regiões hidrográficas do país (LIMA et al., 2011), pode sofrer um episódio de extinção de relevância global, através da expansão da fronteira agrícola, do desenvolvimento de infraestrutura, da baixa proteção legal e de incentivos de conservação restritos (STRASSBURG et al., 2017).

O Cerrado é considerado um *hotspot* da biodiversidade (MYERS et al., 2000). Tal bioma apresenta heterogeneidade ambiental (SANO et al., 2019), sendo reconhecido como a savana mais rica do mundo em biodiversidade (KLINK; MACHADO, 2005; CORRÊA, 2017). Além disso, possui significantes taxas de endemismo e contribui com serviços ecossistêmicos essenciais (OVERBECK et al., 2015). A respeito da questão hídrica, os serviços ecossistêmicos que podem ser obtidos são o fornecimento, a regulação e a influência na composição química das águas (MA, 2003). Logo, é necessário desenvolver formas de manejo sustentável em que agroecossistemas coexistam com ecossistemas naturais fazendo, em conjunto, que as águas pluviais se infiltrem no solo.

Nesse contexto, o processo de infiltração de água no solo é considerado um dos mais importantes processos da superfície terrestre e de seus ecossistemas (ZHAO et al., 2013; ZHIPENG, et al., 2018), pela sua conexão direta com a recarga de aquíferos, manutenção do fluxo de base nos corpos d'água e, conservação da água por mais tempo na bacia hidrográfica que, conseqüentemente, disponibiliza água para as coberturas vegetais (DE MORAIS, 2012). Além das características do solo (SOUZA; ALVES, 2003), outro fator importante que influencia o processo de infiltração de água é a cobertura vegetal (SILVA; KATO, 1998; MENDONÇA et al., 2009; VILARINHO et al., 2013; ALMEIDA et al., 2018). Diversos trabalhos mostram que esse processo hidrológico é alterado entre a cobertura nativa e as coberturas plantadas e de pastagens, através do uso intensivo do solo que provoca mudança em sua estrutura física (ARAÚJO et al., 2007; BONO et al., 2012; HUNKE et al., 2015; CABRAL FILHO et al., 2017). Contudo, no presente capítulo, indaga-se se diferentes coberturas nativas existentes no bioma Cerrado podem provocar diferenças na capacidade de infiltração de água no solo.

As coberturas vegetais que constituem o bioma Cerrado são as campestres, florestais e savânicas, com a predominância dessa última formação (FRANCO, 2005; RIBEIRO; WALTER, 2008; GIAMBELLUCA, et al., 2009). Os diferentes conjuntos de árvores e plantas herbáceas do bioma Cerrado são um reflexo das mudanças das condições ambientais (GIAMBELLUCA et al., 2009). Por exemplo, as espécies gramíneas conseguem ter melhor acesso a água nas porções superficiais do solo, por possuírem raízes mais superficiais. Por outro lado, as espécies lenhosas, com raízes profundas, podem ter acesso as águas das partes mais fundas do solo (FRANCO, 2005). Além disso, alguns trabalhos apontam diferenças em vários processos hidrológicos (evapotranspiração, escoamento pelo tronco, percolação/recarga de aquífero) nas distintas coberturas vegetais do Cerrado (OLIVEIRA et al., 2005; GIAMBELLUCA et al., 2009; HONDA et al., 2015; OLIVEIRA et al., 2017).

Dado que as mudanças na cobertura vegetal podem levar a diferentes comportamentos hidrológicos e que a infiltração de água no solo é um processo extremamente relevante e, ao mesmo tempo, altamente influenciável pelo uso da terra, investigar como ela ocorre em diferentes coberturas nativas é fundamental para as pesquisas hidrológicas. Além disso, esse tipo de pesquisa demonstra a importância hídrica das coberturas nativas para todos os setores da sociedade (industrial, agricultura e doméstico). Perante esse contexto, o objetivo deste capítulo é avaliar a capacidade de infiltração em duas fitofisionomias do bioma Cerrado, a saber: Campo sujo (formação campestre) e Cerrado típico (formação savânica).

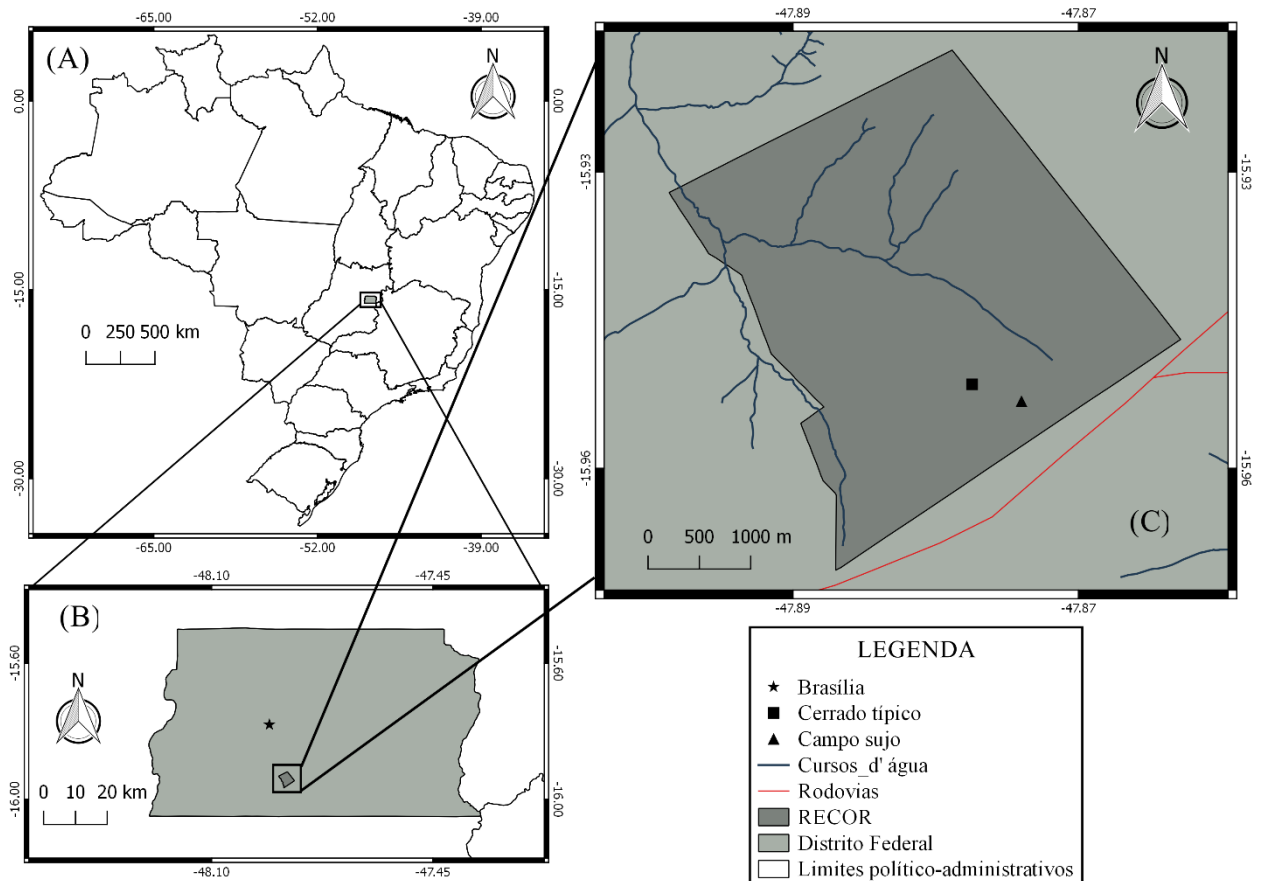
A hipótese desta pesquisa é que a permeabilidade da água no solo é superior no Campo sujo em relação ao Cerrado típico. Tal conjectura se deve ao fato de o Campo sujo ser constituído de uma estrutura herbácea-arbustiva (RIBEIRO; WALTER, 2008), que possui maior abundância de raízes finas, perante uma formação savânica (Cerrado denso) (CASTRO; KAUFFMAN, 1998; OLIVEIRA et al., 2005). Sendo que o predomínio de gramíneas pode favorecer canais para a infiltração de água, devido a abundância de raízes fasciculadas no solo (MARCHINI et al., 2015).

## **Material e métodos**

### ***Área de estudo***

O presente estudo foi realizado na Reserva Ecológica do IBGE-RECOR (Figura 5). Tal área antes de ser fundada em 1975, era usada para a pecuária/agricultura de subsistência até ser desapropriada e cedida como reserva pelo governo do Distrito Federal (IBGE, 2004). A referida reserva está localizada no centro-sul do Distrito Federal, a cerca de 35 Km do centro

de Brasília, próximo do cruzamento entre as rodovias de BR-251 e DF-001, entre as coordenadas 15° 56' Sul e 47° 52' Oeste (IBGE, 2004) e possui significativo número animais e plantas (MIRANDA, 2013), contando com 1829 espécies de plantas vasculares (IBGE, 2004).



As análises para avaliar os aspectos físico-hídricos foram realizadas em duas fitofisionomias sob a mesma classe de solo (Latossolo Vermelho) – Cerrado típico e Campo sujo (IBGE, 2005; RECOR, 2011). O Cerrado típico é classificado como uma estrutura arbórea-arbustiva, a qual se situa, em termos fitossociológicos, entre o Cerrado denso e o Cerrado ralo, compondo, junto do Cerrado rupestre, o Cerrado *stricto sensu* (RIBEIRO; WALTER, 2008). Essa fitofisionomia possui árvores de três a seis metros de altura, em média, sendo encontrada sobre Latossolos, Cambissolos, entre outros. O Campo sujo, por sua vez, é constituído de estrutura herbácea-arbustiva, na qual são encontrados arbustos e subarbustos esparsados com a presença de indivíduos arbóreos poucos desenvolvidos. Essa formação vegetal é encontrada em Cambissolos, Plintossolos pétricos, Latossolos (com baixa

fertilidade), entre outros (RIBEIRO; WALTER, 2008).

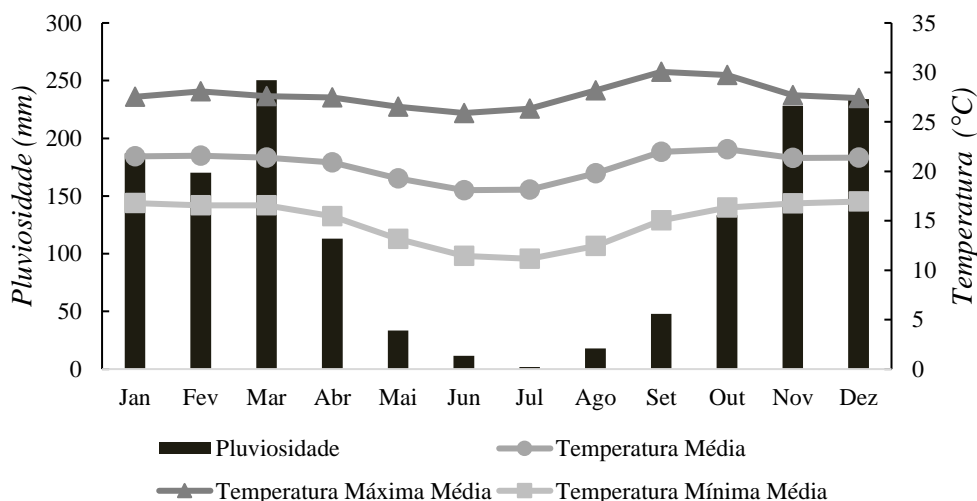
O Latossolo vermelho, onde as fitofisionomias se localizam, é caracterizado como solos profundos, com baixa fertilidade natural e a sua origem está relacionada com sedimentos de Cobertura Detrito-Laterítica e possivelmente de material transportado (RECOR, 2011). No que se refere à granulometria, tais solos são caracterizados por textura argilosa (Tabela 2).

**Tabela 2** - Granulometria\* do Latossolo Vermelho nas fitofisionomias avaliadas.

<i>Cerrado Típico</i>	<i>Silte (%)</i>	<i>Areia (%)</i>	<i>Argila (%)</i>	<i>Classe textural</i>
CT1 <sup>1</sup>	4,1	8,9	87	Argilosa
CT2 <sup>1</sup>	4,8	24,9	70,4	Argilosa
<i>Campo Sujo</i>	<i>Silte (%)</i>	<i>Areia (%)</i>	<i>Argila (%)</i>	<i>Classe textural</i>
CS1 <sup>1</sup>	7,4	14,9	77,8	Argilosa
CS2 <sup>1</sup>	10,7	28,2	61,1	Argilosa

\*Método de Bouyoucos (1926). <sup>1</sup>Amostras compostas de 3 pontos de coleta dentro da fitofisionomia.

O clima da RECOR pela classificação de Koppen-Geiger é Tropical de Savana (Aw) com chuvas no verão, com precipitação total anual de aproximadamente 1428 mm e temperatura média anual de 20,6 °C (Figura 6).



**Figura 6** - Climograma da RECOR (médias mensais de 1994 a 2016). Adaptado de INMET/BDMEP.

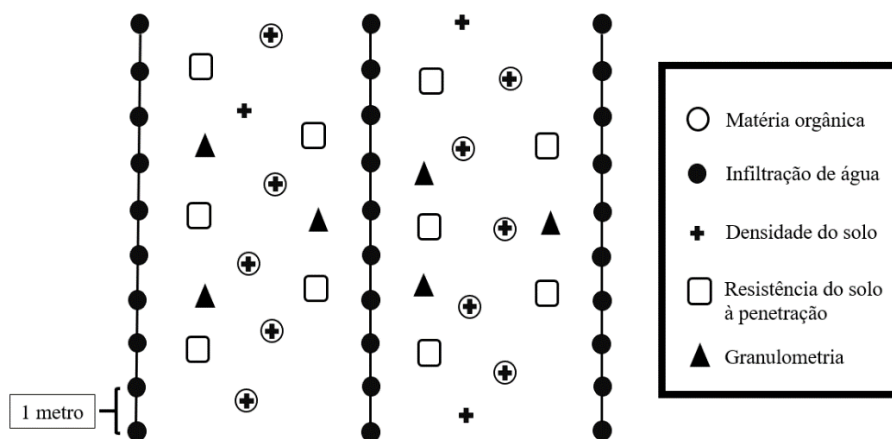
### **Variáveis e delineamento amostral**

O presente estudo ocorreu entre os meses de novembro de 2017 e a setembro de 2018. As variáveis levantadas em cada fitofisionomia avaliada foram a capacidade de infiltração de água no solo e os aspectos físicos do solo, sendo eles: resistência a penetração do solo,



densidade aparente do solo, granulometria e porosidade total. Em relação ao aspecto químico do solo, determinou-se o teor de matéria orgânica no solo. Todos esses atributos físicos e químico foram avaliados pois, estão relacionadas ao processo de infiltração de água (BRANDÃO et al., 2006).

No que tange o delineamento amostral nas duas fitofisionomias, as medições de infiltração foram realizadas em transectos lineares conforme Salemi et al. (2013), adotando amostras em intervalos de 1 metro. As amostras de resistência do solo, densidade aparente, granulometria e teor de matéria orgânica do solo foram tomadas aleatoriamente, dentro dos próprios limites dos transectos lineares de infiltração (Figura 7).



**Figura 7** - Delineamento amostral utilizado para as variáveis avaliadas no Campo sujo e Cerrado típico.

A capacidade de infiltração de água no solo foi medida com *Mini disk infiltrometer* (*Decagon Devices*), utilizado em diversos estudos (GONZÁLEZ-PELAYO et al., 2010; RONAYNE, et al., 2012; MARCHINI et al., 2015). O *mini disk infiltrometer* é um infiltrômetro que opera da tensão 0 a -7 cm de coluna de água e que utiliza a solução analítica proposta por Zhang (1997). No presente trabalho, com o intuito de medir os fluxos de água na saturação, adotou-se a tensão 0 cm. Tal ação torna possível a medição do fluxo de água quando todos os macroporos do solo estão atuando. As medidas foram tomadas em campo em intervalos regulares de tempo até atingir a estabilização por, ao menos, três vezes consecutivas. Os cálculos para alcançar a capacidade de infiltração foram realizados com o auxílio de planilha disponibilizada pelo fabricante do equipamento. Em cada fitofisionomia (Campo sujo e Cerrado típico) foram realizadas 30 medições da capacidade de infiltração do solo.

A resistência a penetração do solo foi constatada pelo penetrômetro de impacto (STOLF et al., 2012) da marca Kamaq. Tal equipamento é colocado sobre a superfície do solo, que em seguida tem um peso suspenso de 2 Kg até um limite estabelecido pelo equipamento, o qual é posto em queda livre, fazendo com que a haste em contato com o solo execute um impacto no sentido vertical do perfil. A análise de resistência do solo (0-10 cm) ocorreu pela tabela de Stolf et al. (2014). Dentro de cada fitofisionomia avaliada foram realizados dez pontos, com quatro impactos cada.

As amostras de densidade aparente do solo foram obtidas por um trado de amostras não deformadas. O cilindro de coleta dentro do trado possui volume de 100 cm<sup>3</sup>. As coletas foram realizadas na profundidade de 0-10 cm, totalizando treze amostras. Tais amostras foram levadas à estufa e mantidas a temperatura de 105 °C, no período de 24 horas (BENEGAS et al., 2014; ZHIPENG et al. 2018). Em seguida, as amostras foram pesadas para calcular tal variável, através da equação 1.

$$p = \frac{m_s}{V} \quad (1)$$

Onde:  $p$  = Densidade aparente;  $m_s$  = Massa do solo (seca);  $V$  = Volume do cilindro de coleta.

A porosidade total foi encontrada a partir dos valores de densidade aparente do solo, assumindo o valor de 2,65 g/cm<sup>3</sup> como a densidade de partículas (BENEGAS et al., 2014), através da equação 2.

$$\alpha = \left( 1 - \left( \frac{p}{p_s} \right) \right) * 100 \quad (2)$$

Onde:  $\alpha$  = Porosidade total;  $p$  = Densidade aparente;  $p_s$  = Densidade de partículas.

As amostras indeformadas coletadas para densidade aparente foram aproveitadas para a análise de matéria orgânica. Assim, a determinação do teor de matéria orgânica do solo ocorreu pelo método de calcinação (*Loss-on-ignition*), sendo avaliado dez amostras em cada fitofisionomia. No primeiro momento, ocorreu a secagem das amostras à temperatura de 105 °C por 48 horas. Depois foi separado 10 g de solo de cada amostra, que foram colocados na mufla a 500 °C por 5 h, conforme Silva et al. (1999). As massas das amostras foram registradas antes (massa inicial) e depois (massa final). Tal diferença aponta a proporção de

matéria orgânica presente no solo, conforme pode ser observado na Equação 3.

$$pmo = mf - mi \quad (3)$$

Onde:  $pmo$  = Proporção da matéria orgânica;  $mf$  = Massa final do solo;  $mi$  = Massa inicial do solo.

A partir da proporção, o teor de matéria orgânica foi obtido pela Equação 4.

$$tmo = (1 - pmo) * 100 \quad (4)$$

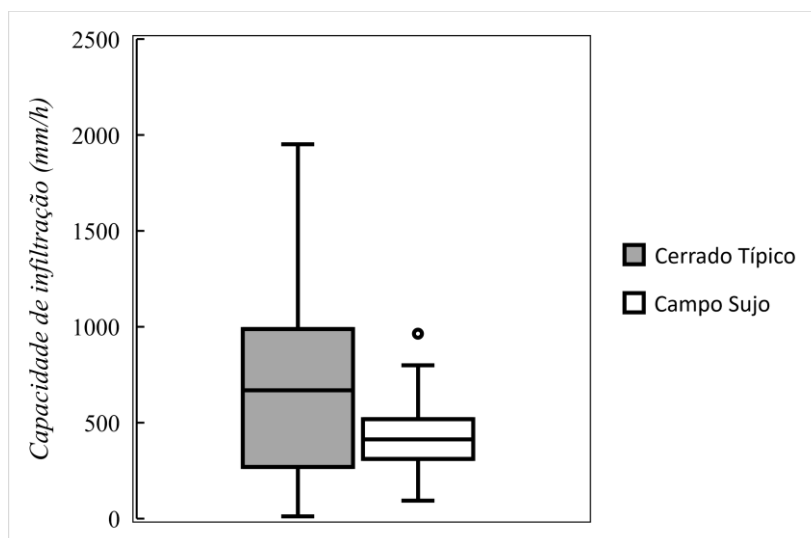
Onde:  $tmo$  = Teor de Matéria Orgânica;  $pmo$  = Proporção de Matéria Orgânica.

### **Análises estatísticas**

As observações das variáveis (capacidade de infiltração, densidade aparente, porosidade total e matéria orgânica do solo) foram submetidas ao teste de *Shapiro-Wilk* para avaliar a normalidade. Apenas os dados de matéria orgânica não apresentaram distribuição normal. Assim, para essa variável foi aplicada o teste estatístico *Mann Whitney U* para identificar diferenças significativas ( $p < 0,05$ ), entre a matéria orgânica dos solos sob Campo Sujo e o Cerrado típico. Para as demais variáveis aplicou-se o teste *t* não-pareado para avaliar as diferenças significativas, entre as fitofisionomias. As análises estatísticas foram realizadas no software *Paleontological Statistics - PAST* (HAMMER, 2001) versão 3.18.

### **Resultados**

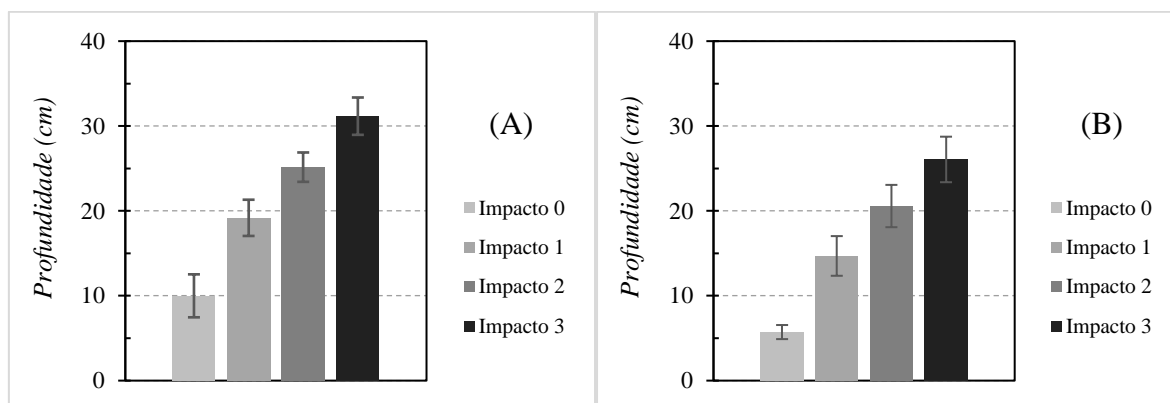
A capacidade de infiltração foi significamente diferente entre as fitofisionomias (Figura 8). A média e a mediana da capacidade de infiltração foram maiores no Cerrado típico (697,8 e 668,3 mm/h, respectivamente) do que no Campo sujo (413,5 e 412,9 mm/h, respectivamente).



**Figura 8** - Diagrama de caixa da capacidade de infiltração das fitofisionomias avaliadas.

Além de apresentar a maior capacidade de infiltração, o solo sob Cerrado típico também apresentou maior variabilidade desse aspecto, se comparado ao solo sob Campo sujo. Tal fato é perceptível através do desvio padrão de 521,4 mm/h do Cerrado típico, em relação aos 181,4 mm/h do Campo sujo.

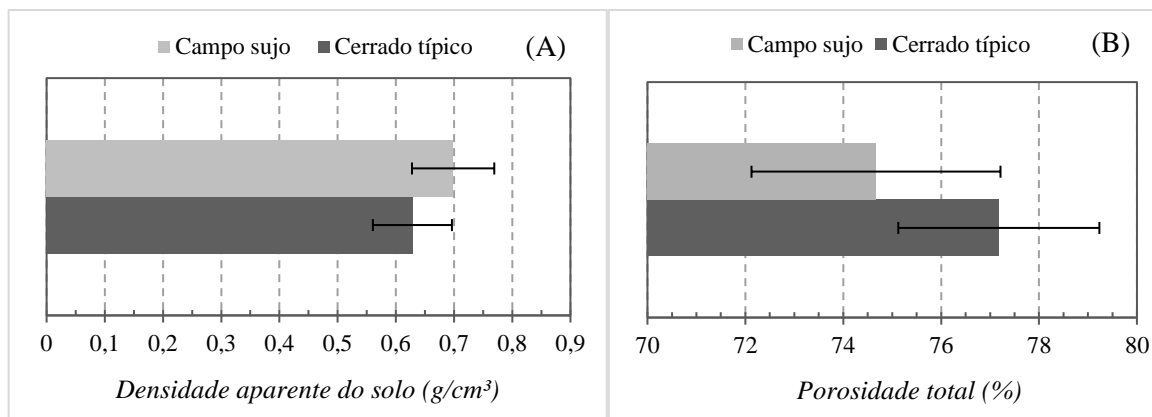
O Cerrado típico no impacto 0, 1, 2, 3 (Figura 9-A) alcançou profundidades médias de 9,99; 19,18; 25,15; 31,16 cm, respectivamente. Por outro lado, os quatro impactos no Campo sujo (Figura 9-B) apresentaram profundidades médias respectivas de 5,75; 14,69; 20,57; 26,06 cm. Diferenças significativas foram encontradas entre as fitofisionomias, em relação à profundidade de cada impacto no solo. Além disso, diferenças significativas foram identificadas entre as resistências do solo à penetração (0-10 cm), com média (e desvio padrão) de 0,63 MPa ( $\pm 0,07$ ) no Cerrado típico e 0,91 MPa ( $\pm 0,14$ ) no Campo sujo.



**Figura 9** - Média e  $\pm$  desvio padrão dos impactos da resistência a penetração do solo em Cerrado típico (A) e Campo sujo (B).

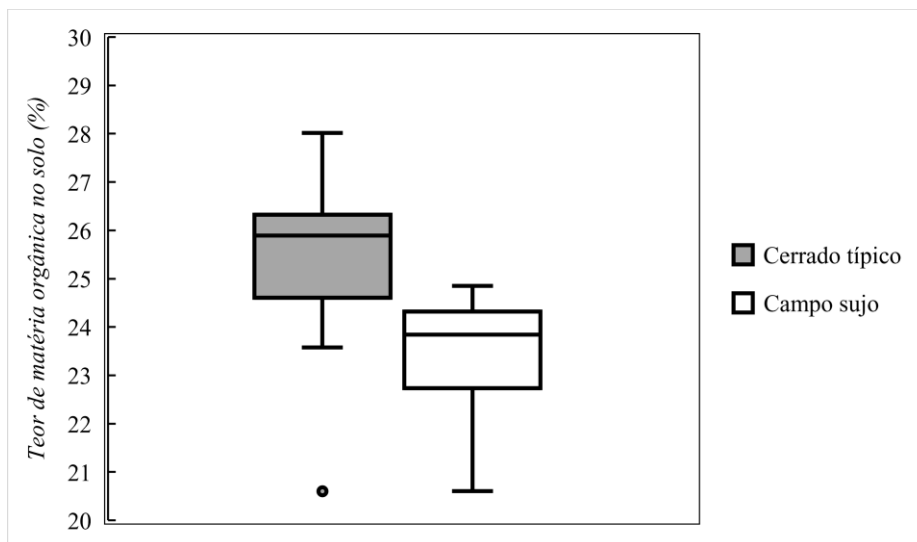
Houve diferença significativa entre as duas coberturas referente a densidade aparente e

a porosidade total do solo. Os valores médios (e desvio padrão) encontrados para densidade aparente foi de  $0,62 \text{ g/cm}^3 (\pm 0,06)$  no Cerrado típico e  $0,69 \text{ g/cm}^3 (\pm 0,07)$  no Campo Sujo (Figura 10-A). A porosidade total média encontrada foi de  $77,2\% (\pm 2,0)$  para o Cerrado típico e  $74,6\% (\pm 2,5)$  para o Campo sujo (Figura 10-B).



**Figura 10** - Média e  $\pm$  desvio padrão da densidade aparente do solo (A) e porosidade total (B).

O teor (a proporção) de matéria orgânica no solo sob Cerrado típico foi significativamente superior ao detectado no Campo sujo (Figura 11). A mediana do teor (da proporção) no Cerrado típico foi de 25,8% (2,54 g) e no Campo sujo foi de 23,8% (2,39 g).



**Figura 11** - Diagrama de caixa da matéria orgânica no solo presente nas fitofisionomias.

## Discussão

A hipótese aqui apresentada aponta que a permeabilidade de água no solo seria superior no Campo sujo, devido a maior abundância de raízes finas. No entanto, os resultados

exibem maiores valores no Cerrado típico, sendo que ambas fitofisionomias tiveram altos valores de infiltração de água no solo, tendo como referência o manual *Soil Survey Staff* (1993), que apresenta altos valores acima de 254 mm/h. Em relação as diferentes capacidades de infiltração do solo das fitofisionomias, a literatura corrobora com esses resultados, pois apresenta valores maiores de capacidade de infiltração em Cerrado *stricto sensu*, diante de uma cobertura nativa de gramíneas (GOMES FILHO et al., 2011).

O nível de agregação do solo interfere na infiltração de água (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2008). Nesse sentido, a matéria orgânica é importante, já que promove a estabilidade dos agregados (BRANDÃO et al., 2006; BRAIDA et al., 2011; VILARINHO et al., 2013), a dimensão dos poros (BRAIDA et al., 2011; VILARINHO et al., 2013) e a consistência do solo (BRAIDA et al., 2011). Deste modo, a matéria orgânica influenciou na diferença da capacidade de infiltração das fitofisionomias, visto que o maior teor dessa variável e a menor densidade aparente do solo conduz ao aumento de infiltração da água (SUN et al., 2018), constatado no Cerrado típico.

Os baixos valores de densidade aparente do solo apresentam ligação com uma maior infiltração de água (ALVES et al, 2005; ARAÚJO et al., 2007; SILVA et al., 2014; CABRAL FILHO et al., 2017). A densidade aparente é um dos atributos que controla o fluxo de água e nutrientes (HUNKE et al., 2015), pois reflete a organização das partículas do solo, que indica os aspectos de porosidade (FERREIRA, 2010). Portanto, a maior porosidade total e menor densidade aparente encontrada no solo do Cerrado típico favorecem a maior capacidade de infiltração, devido a permeabilidade de água estar ligada às características dos poros (quantidade, continuidade e tamanho) (SOUZA; ALVES, 2003).

A densidade aparente do solo está ligada com a resistência do solo à penetração, visto que quanto mais denso o solo, maior será sua resistência à penetração e vice-versa (REICHERT et al., 2010). Diante disso, os resultados de resistência do solo condizem com os de densidade, dado que os maiores valores foram associados ao Campo sujo e os menores ao Cerrado típico (com diferenças significativas).

A porosidade total, densidade aparente e o teor de matéria orgânica podem interferir na capacidade de infiltração (SUN et al., 2018). Tais características, junto da resistência do solo (que possui ligação direta com a densidade aparente) explicam a maior capacidade de infiltração no Cerrado típico do que no Campo sujo.

Essas variáveis foram diretamente influenciadas pela cobertura vegetal da fitofisionomia savânica (Cerrado típico), uma vez que a cobertura vegetal favorece a

permeabilidade de água, devido a proteção da porosidade contra o impacto da chuva (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2008; BRADY; WEIL, 2013) e também preserva a estrutura e os canalículos do solo (BATISTA; SOUSA, 2015).

Por fim, alguns trabalhos mostram a relação positiva entre a riqueza de espécies e a capacidade de infiltração (FISCHER et al., 2015; SU et al., 2018). O Cerrado *stricto sensu* apresenta maior riqueza de espécies arbóreas que o Campo sujo (OLIVEIRA et al., 2005; OLIVEIRA et al., 2017), sendo que a medida que aumenta o estrato arbóreo e a biomassa sobre o solo, cresce a biomassa abaixo dele (CASTRO; KAUFFMAN, 1998). Logo, esse aumento da biomassa promove o aumento da capacidade de infiltração (NIEMEYER et al., 2014), pois as coberturas arbóreas possuem uma distribuição mais extensa de raízes e um maior número de macroporos (SUN et al., 2018). Diante disso, é possível que a riqueza de espécies esteja influenciando nesse padrão de resposta da capacidade de infiltração das fitofisionomias.

## Conclusão

O solo sob a fitofisionomia Cerrado típico apresentou maior capacidade de infiltração relativo ao solo do Campo sujo. Contudo, vale ressaltar que os valores de capacidade de infiltração do solo em ambas fitofisionomias foram altos, o que indica a necessidade de fortificar políticas ambientais e de implantar unidades de conservação/preservação que assegurem a infiltração de água no solo e, por consequência, serviços ecossistêmicos fundamentais a sociedade (*e.g.* produção de água) fornecidos por coberturas nativas do bioma Cerrado.

## Referências

ALMEIDA, W. S.; PANACHUKI, E.; OLIVEIRA, P. T. S.; MENEZES, R. S. ALVES SOBRINHO, T.; CARVALHO, D. F. Effect of soil tillage and vegetal cover on soil water infiltration. **Soil & tillage research**. 175, p. 130-138, 2018.

ALVES, M. C; SUZUKI, L. E. A. S; HIPÓLITO, J. L; CASTILHO, S.R. Propriedades físicas e infiltração de água de um Latossolo Vermelho Amarelo (Oxisol) do noroeste do estado de São Paulo, Brasil, sob três condições de uso e manejo. **Cadernos do Laboratório Xeológico de Laxe**. Corunha, v.30, p. 167-180, 2005.

ARAÚJO, R.; GOEDERT, W. J.; LACERDA, M. P. C. Qualidade de um solo sob diferentes usos e sob cerrado nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v. 31, p. 1099-1108, 2007.

BATISTA, D. F.; SOUSA, F. A. Avaliação da condutividade hidráulica do solo sobre condições de cobertura por Cerrado e pastagem. **Geoambiente on-line**. Jataí. 25, p.1-20, 2015.

BENEGAS, L.; ILSTEDT, U.; ROUPSARD, O.; JONES, J.; MALMER, A. Effects of trees on infiltrability and preferential flow in two contrasting agroecosystems in Central America. **Agriculture, Ecosystems and Environment**. 183, p. 185-196, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2013.10.027>

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 6ª ed. São Paulo: Ícone, p. 355, 2008.

BONO, J. A. M.; MACEDO, M. C. M.; TORMENA, C. A.; NANNI, M. R.; GOMES, E. P.; MÜLLER, M. M. L. Infiltração de água no solo em um latossolo vermelho da região sudoeste dos Cerrados com diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. V. 36, n. 1, p. 1845–1853, 2012.

BOUYOUCOS, G. J. Rapid determination of the moisture content of soils. **Science**. 64 (1670), p. 651-652, 1926. DOI: 10.1126/science.64.1670.651

BRADY, N. C.; WEIL, R. R. **Natureza e propriedades do solo**. Tradução: LEPSCH, Igo Fernando. 3ª Ed. Porto Alegre: Bookman, p. 713, 2013.

BRAIDA, J. A.; BAYER, C.; ALBUQUERQUE, J. A.; REICHERT, J. M. Matéria orgânica e seu efeito na física do solo. In: **Tópicos em ciência do solo**. Vol. 7, Viçosa-MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 221-267, 2011.

BRANDÃO, V. S.; CECILIO, R. A.; PRUSKI, F. F.; SILVA, D. D. **Infiltração da água no solo**. 3ª ed. Editora UFV: Viçosa, p. 120, 2006.

CABRAL FILHO, F. R.; CUNHA, F. N.; SILVA, N. F.; TEIXEIRA, M. B.; SANTOS, L. N. S.; VIEIRA, G. S. Water infiltration rate in dystroferic red latosol under diferente cropping systems. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**. Fortaleza, v. 11, n. 3, p. 1371-1381, 2017.

CASTRO, E. A.; KAUFFMAN, J. B. Ecosystem structure in the Brazilian Cerrado: a vegetation gradient of aboveground biomass, root mass and consumption by fire. **Journal of Tropical Ecology**. 14 (3), p. 263-283, 1998.

CORRÊA, R. A. **Cerrado: a savana mais rica do mundo**. 2017. Disponível em: <<https://www.xapuri.info/biomas/cerrado/cerrado-savana-rica/>>. Acesso em: 05 jul. 2018.

DE MORAIS, F. Infiltração – uma variável geomorfológica. **Caderno de Geografia**. Belo Horizonte-MG, v.22, n.38, p.73-97, 2012.

FERREIRA, M. M. Caracterização Física do Solo. In: VAN LIER, Q. J. (org.). **Física do solo**. Viçosa-MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 1-28, 2010.

FISCHER, C.; TISCHER, J.; ROSCHER, C.; EISENHAUER, N.; RAVENEK, J.; GLEIXNER, G.; ATTINGER, S.; JENSEN, B.; KROON, H.; MOMMER, L.; SCHEU, S.; HILDEBRANDT, A. Plant species diversity affects infiltration capacity in an experimental grassland through changes in soil properties. **Plant soil**. 397, p. 1-16, 2015. DOI: 10.1007/s11104-014-2373-5

FRANCO, A. C. Biodiversidade de forma e função: implicações ecofisiológicas das estratégias de utilização de água e luz em plantas lenhosas do Cerrado. In: SCARIOT, A.; FELFILI, J. M.; SOUSA-SILVA, J. C. (Ed.). **Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação**. Brasília: Ministério de Meio Ambiente, p. 179-196, 2005.

GIAMBELLUCA, T. W.; SCHOLZ, F. G.; BUCCI, S. J.; MEINZER, F. C.; GOLDSTEIN, G.; HOFFMANN, W. A.; FRANCO, A. C.; BUCHERT, M. P. Evapotranspiration and energy balance of



Brazilian savannas with contrasting tree density. **Agricultural and Forest Meteorology**. 149, n. 8, p. 1365-1376, 2009. DOI:[10.1016/j.agrformet.2009.03.006](https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2009.03.006)

GOMES FILHO, R. R.; SILVA, J. H.; PAULINO, H. B.; CARNEIRO, M. A. C.; COSTA, C. A. G. Velocidade de infiltração da água num plintossolo háplico de campo de murundu sob uma cronosequência de interferência antrópica. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**. Fortaleza, v.5, n.3, p. 245-253, 2011.

GONZÁLEZ-PELAYO, O.; ANDREU, V.; GIMENO-GARCÍA, E.; CAMPO, J.; RUBIO, J. L. Effects of fire and vegetation cover on hydrological characteristics of a Mediterranean shrubland soil. **Hydrological Processes**. 24, p. 1504-1513, 2010. DOI: [10.1002/hyp.7612](https://doi.org/10.1002/hyp.7612)

HAMMER, O.; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. **Palaeontologia Electronica**. 4 (1). 9 p., 2001.

HONDA, E. A.; MENDONÇA, A. H.; DURIGAN, G. Factors affecting the stemflow of trees in the Brazilian Cerrado. **Ecohydrology**. 8, p. 1351-1362, 2015. DOI: [10.1002/eco.1587](https://doi.org/10.1002/eco.1587)

HUNKE, P.; ROLLER, R.; ZEIHOFER, P.; SCHRÖDER, B.; MUELLER, E. N. Soil changes under different land-uses in the Cerrado of Mato Grosso, Brazil. **Geoderma Regional**. V. 4, p. 31-43, 2015. DOI: [10.1016/j.geodrs.2014.12.001](https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2014.12.001).

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Reserva Ecológica do IBGE: ambientes e plantas vasculares**. Rio de Janeiro: IBGE, p.72, 2004.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Zoneamento Ambiental da Bacia do Córrego Taquara – Distrito Federal**. CD-ROM. Rio de Janeiro: IBGE, 2005.

KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. A conservação do Cerrado brasileiro. **Megadiversidade**. V.1, n.1, p. 147-155, 2005.

LIMA, J. E. F. W. Situação e perspectivas sobre as águas do Cerrado. **Ciência e cultura**. Campinas-SP, v.63, n.3, p.27-29, 2011.

MA (Millennium Ecosystem Assessment). **Ecosystems and Human Well-being: A Framework for Assessment**. Island Press, Washington, DC, 2003.

MARCHINI, D. C.; LING, T. C.; ALVES, M. C.; CRESTANA, S.; SOUTO FILHO, S. N.; ARRUDA, O. G. Matéria orgânica, infiltração e imagens tomográficas de Latossolo em recuperação sobre diferentes tipos de manejo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande-PB, v.19, n.6, p. 574-580, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n6p574-580>

MENDONÇA, L. A. R.; VÁSQUEZ, M. A. N.; FEITOSA, J. V.; OLIVEIRA, J. F.; FRANCA, R. M.; VÁSQUEZ, E. M. F.; FRISCKORN, H. Avaliação de infiltração de solos submetidos a diferentes tipos de manejo. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**. Rio de Janeiro, v.14, n.1, p. 89-98, 2009.

MEKONNEN, M. M.; HOKESTRA, A. Y. Four billion people facing severe scarcity. **Science Advances**. 2, p. 1-6, 2016. DOI: [10.1126/sciadv.1500323](https://doi.org/10.1126/sciadv.1500323)

MIRANDA, F. S. **Características físico-químicas de pequenas drenagens em matas de galeria de Cerrado após a ocorrência de incêndio florestal**. Dissertação (mestrado). Programa de pós-graduação em Ecologia-PGECL/UNB, p. 86, 2013.

- MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, 403, p. 853-858, 2000.
- NIEMEYER, R. J.; FREMIER, A. K.; HEINSE, R.; CHÁVEZ, W.; DeCLERK, F. A. J. Woody vegetation increases saturated hydraulic conductivity in dry tropical Nicaragua. **Vadose Zone Journal**. 13 (1), p. 1-11, 2014.
- OLIVEIRA, P. T. S.; LEITE, M. B.; MATTOS, T.; NEARING, M. A.; SCOTT, R. L.; XAVIER, R. O.; MATOS, D. M. S.; WENDLAND, E. Groundwater recharge decrease with increased vegetation density in the Brazilian Cerrado. **Ecohydrology**. 10, p. 1-8, 2017. DOI: 10.1002/eco.1759
- OLIVEIRA, R. S.; BEZERRA, L.; DAVIDSON, E. A.; PINTO, F.; KLINK, C. A.; NEPSTAD, D. C.; MOREIRA, A. Deep root function in soil water dynamics in Cerrado savannas of central Brazil. **Functional Ecology**. 19, p. 574-581, 2005. DOI: 10.1111/j.1365-2435.2005.01003.x
- OVERBECK, G. E.; VÉLEZ-MARTIN, E.; SCARANO, F. R.; LEWINSOHN, T. M.; FONSECA, C. R.; MEYER, S. T.; MULLER, S. C.; CEOTTO, P.; DADALT, L.; DURIGAN, G.; GANADE, G.; GOSSNER, M. M.; GUADAGNIN, D. L.; LORENZEN, K.; JACOBI, C. M.; WEISSER, W. W.; PILLAR, V. D. Conservation in Brazil needs to include non-forest ecosystems. **Diversity and Distributions**. 21, p. 1455-1460, 2015. DOI: 10.1111/ddi.12380
- PUTNAM, A. E.; BROECKER, W. S. Human-induced changes in the distribution of rainfall. **Science Advances**. 3, p. 1-15, 2017. DOI: 10.1126/sciadv.1600871
- RECOR - Reserva Ecológica do IBGE. **Reserva Ecológica do IBGE: Biodiversidade Terrestre**. V. 1. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. RIBEIRO, M. L. (org.). Rio de Janeiro: IBGE, p. 301, 2011.
- REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; SUZUKI, L. E. A. S.; HORN, R. Mecânica do solo. In: VAN LIER, Q. J. (org.). **Física do solo**. Viçosa-MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 31-102, 2010.
- RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. As principais fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. & RIBEIRO, J. F. (Eds.). **Cerrado: Ecologia e Flora**. Brasília, Embrapa Cerrados, p: 151-212, 2008.
- RONAYNE; M. J.; HOUNGTON, T. B.; STEDNICK, J. D. Field characterization of hydraulic conductivity in a heterogeneous alpine glacial till. **Journal of Hydrology**. 458-459, p. 103-109, 2012. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2012.06.036
- SALEMI, L. F.; GROppo, J. D.; TREVISAN, R.; MORAES, J. M.; FERRAZ, S. F. B.; VILLANI, J. P.; DUARTE-NETO, P. J.; MARTINELLI, L. A. Land-use change in the Atlantic rainforest region: consequences for the hydrology of small catchments. **Journal of Hydrology**. 499, p. 100-109, 2013. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2013.06.049
- SANO, E. E.; RODRIGUES, A. A.; MARTINS, E. S.; BETTIOL, G. M.; BUSTAMANTE, M. M. C.; BEZERRA, A. S.; COUTO JUNIOR, A. F.; VASCONCELOS, V.; SCHULER, J.; BOLFE, E. L. Cerrado ecoregions: a spatial framework to assess and prioritize Brazilian savanna environmental diversity for conservation. **Journal of Environmental Management**. 232, p. 818-828, 2019. DOI: 10.1016/j.jenvman.2018.11.108
- SILVA, A. C.; VIDAL-TORRADO, P.; ABREU, J. S. Métodos de quantificação da matéria orgânica do solo. **Revista da Universidade de Alfenas**. Alfenas. 5, p. 21-26, 1999.

SILVA, C. L.; KATO, E. Avaliação de modelos para previsão da infiltração de água em solos sob cerrado. **Revista de Pesquisa agropecuária brasileira**. Brasília. V. 33, n.7, p. 1149-1158, 1998.

SILVA, N. F.; CUNHA, F. N.; OLIVEIRA, R. C.; CABRAL FILHO, F. R.; TEIXEIRA, M. B.; CARVALHO, J. J. Características físico-hídricas de um latossolo sobre diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**. Fortaleza. V. 8, n. 5, p. 375-390, 2014. DOI: 10.7127/rbai.v8n500245

SOIL SURVEY STAFF. **Soil survey manual**. Washington, USDA-SCS. U.S. Gov. Print. Office (Handbook, 18), p. 437, 1993.

SOUZA, Z. M.; ALVES, M. C. Movimento de água e resistência à penetração em um Latossolo Vermelho distrófico de cerrado, sob diferentes usos e manejos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande. V. 7, n. 1, p. 18-23, 2003.

STOLF, R.; MURAKAMI, J. H.; MANIERO, M. A.; SOARES, M. R.; SILVA, L. C. F. Incorporação de régua para medida de profundidade no projeto do penetrômetro de impacto Stolf. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. V. 36, p. 1476-1482, 2012. DOI: 10.1590/S0102-33061995000200017

STOLF, R.; MURAKAMI, J. H.; BRUGNARO, C.; SILVA, L. G.; SILVA, L. F.; MARGARIDO, L. A. C. Penetrômetro de impacto Stolf – programa computacional de dados em Excel-VBA. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v. 38, p. 774-782, 2014. Download do aplicativo: [http://www.cca.ufscar.br/drnpa/hprubismar\\_ARTIGOS/100\\_Penetrometro\(Stolf,R\).xls](http://www.cca.ufscar.br/drnpa/hprubismar_ARTIGOS/100_Penetrometro(Stolf,R).xls).

STRASSBURG, B. B. N.; BROOKS, T. B.; FELTRAN-BARBIERI, R.; IRIBARREM, A.; CROUZEILLES, R.; LOYOLA, R.; LATAWIEC, A. E.; OLIVEIRA FILHO, F. J. B.; SCARAMUZZA, C. A. M.; SCARANO, F. R.; SOARES FILHO, B.; BALMFORD, A. Moment of truth for the Cerrado hotspot. **Nature Ecology and Evolution**, v. 1, p. 1–3, 2017. DOI: 10.1038/s41559-017-0099

SU, L.; YANG, Y.; LI, X.; WANG, D.; LIU, Y.; LIU, Y.; YANG, Z.; LI, M. Increasing plant diversity and forb ratio during the revegetation processes of trampled areas and trails enhances soil infiltration. **Land degradation and Development**. 29 (11), p. 4025-4034, 2018.

SUN, D.; YANG, H.; GUAN, D.; YANG, M.; WU, J.; YUAN, F.; JIN, C.; WANG, A.; ZHANG, Y. The effects of land use change on soil infiltration capacity in China: A meta-analysis. **Science of the Total Environment**. 626, p. 1394-1401, 2018.

VILARINHO, M. K. C.; KOETZ, M.; SCHLINCHTING, A. F.; SILVA, M. C.; BONFIM-SILVA, E. M. Determinação da taxa de infiltração estável de água em solo de cerrado nativo. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**. Fortaleza. V. 7, p. 17–26, 2013. DOI: 10.7127/rbai.v7n100097

WWAP (United Nations World Water Assessment Programme). 2015. **The United Nations World Water Development Report 2015: Water for a Sustainable World**. Paris, UNESCO. Disponível em: <<http://unesdoc.unesco.org/images/0023/002318/231823E.pdf>>. Acesso em: 29 de jun. 2018.

WWAP (United Nations World Water Assessment Programme). **The United Nations World Water Development Report 2016: Water and Jobs – facts and figures**. Paris, UNESCO. 2016. Disponível em: <<http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002440/244041e.pdf>>. Acesso em: 29 de jun. 2018.

ZHANG, R. Determination of soil sorptivity and hydraulic conductivity from the disk infiltrometer. **Soil Science Society of American Journal**. 61 (4), p. 1024-1030, 1997. DOI: 10.2136/sssaj1997.03615995006100040005x

ZHAO, Y.; WU, P.; ZHAO, S.; FENG, H. Variation of soil infiltrability across a 79-year chronosequence of naturally restored grassland on the Loess Plateau, China. **Journal of Hydrology**. 504, p. 94-103, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2013.09.039>

ZHIPENG, L.; DONGHAO, M.; WEI, H.; XUELIN, L. Land use dependent variation of soil water infiltration characteristics and their scale-specific controls. **Soil & Tillage Research**. 178, p. 139-149, p. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.still.2018.01.001>