

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**

**FACULDADE DE TECNOLOGIA**

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

**PROPOSIÇÃO DE INDICADORES PARA O  
MONITORAMENTO PARTICIPATIVO DA  
SUSTENTABILIDADE DE TECNOLOGIAS DE GESTÃO DA  
TERRA IMPLEMENTADAS NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

**KAMILLA CARNEIRO BACHSTEIN SILVA**

**ORIENTADORA: CONCEIÇÃO DE MARIA  
ALBUQUERQUE ALVES**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM TECNOLOGIA  
AMBIENTAL E RECURSOS HÍDRICOS**

**BRASÍLIA**

**AGOSTO / 2019**

## FICHA CATALOGRÁFICA

SILVA, KAMILLA CARNEIRO BACHSTEIN

PROPOSIÇÃO DE INDICADORES PARA O MONITORAMENTO PARTICIPATIVO DA SUSTENTABILIDADE DE TECNOLOGIAS DE GESTÃO DA TERRA IMPLEMENTADAS NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO. [Distrito Federal] 2019.

xv, 114p., 210 x 297 mm (ENC/FT/UnB, Mestre, Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia.

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

- |  |                                |
|--|--------------------------------|
| 1. Monitoramento ambiental participativo | 2. Gestão sustentável da terra |
| 3. Seleção de indicadores                | 4. Semiárido brasileiro        |

I. ENC/FT/UnB

II. Título (série)

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

SILVA, K. C. B. (2019). Proposição de indicadores para o monitoramento participativo da sustentabilidade de tecnologias de gestão da terra implementadas no semiárido brasileiro. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Publicação PPGENC.DM – agosto/2019, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 114p.

## CESSÃO DE DIREITOS

AUTORA: Kamilla Carneiro Bachstein Silva

TÍTULO: Proposição de indicadores para o monitoramento participativo da sustentabilidade de tecnologias de gestão da terra implementadas no semiárido brasileiro.

GRAU: Mestre ANO: 2019

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos.

---

Kamilla Carneiro Bachstein Silva

“Olá, você sabe quem eu sou? Eu sou a geomembrana da Terra. Eu sou seu filtro de proteção, seu mantenedor, seu mediador de energia, água e compostos biogeoquímicos.

Eu sou seu sustendo produtivo, sua fonte última de elementos e o habitat para a maioria dos seres vivos. Eu sou a base que sustenta o berço de seus mitos e o pó em que você se tornará. Eu sou o solo.”

(traduzido de Arnold, 2007)

Agradeço a Deus, à minha família e aos meus amigos.

Agradeço à minha orientadora, Conceição de Maria Albuquerque Alves, pela orientação, paciência e amizade.

Agradeço à banca examinadora.

Agradeço ao Ministério do Meio Ambiente e ao Ptarh/UnB pela oportunidade de aprendizado.

## RESUMO

### PROPOSIÇÃO DE INDICADORES PARA O MONITORAMENTO PARTICIPATIVO DA SUSTENTABILIDADE DE TECNOLOGIAS DE GESTÃO DA TERRA IMPLEMENTADAS NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

**Autora:** Kamilla Carneiro Bachstein Silva

**Orientadora:** Conceição de Maria Albuquerque Alves

**Programa de Pós-graduação em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos**

**Brasília, agosto de 2019.**

Com o objetivo de promover a qualidade de vida e a sustentabilidade ambiental, vêm sendo implementadas diversas tecnologias de gestão sustentável da terra (SLM - Sustainable Land Management) em áreas rurais do semiárido brasileiro. O presente trabalho teve por objetivo selecionar indicadores ambientais para um monitoramento ambiental participativo de SLM que possa promover um processo de aprendizado e conscientização ambiental dos usuários da terra em áreas rurais do semiárido brasileiro. Um exercício de *benchmarking* capturou uma gama de abordagens participativas de monitoramento de SLM em terras secas ao redor do mundo que podem ser aproveitadas em projetos de SLM no contexto do semiárido brasileiro. Além dos impactos socioambientais positivos das tecnologias SLM, que costumam corresponder aos objetivos da sua implementação, também foram identificados potenciais impactos negativos de algumas das tecnologias SLM que vêm sendo implementadas no semiárido brasileiro. Por meio de metodologia baseada em redes causais com estrutura DPSIR (força motriz – pressão – estado – impacto – resposta), foram selecionados cinco indicadores fáceis de serem monitorados pelos usuários da terra com um mínimo de tecnologia ou insumos técnicos e a custos acessíveis: condutividade elétrica da água; profundidade da água subterrânea (mudanças); biomassa vegetal; profundidade do solo (mudanças); e pluviometria.

## **ABSTRACT**

### **PROPOSAL OF INDICATORS FOR PARTICIPATORY MONITORING SUSTAINABILITY OF LAND MANAGEMENT TECHNOLOGIES IMPLEMENTED IN BRAZILIAN SEMIARID**

**Author:** Kamilla Carneiro Bachstein Silva

**Supervisor:** Conceição de Maria Albuquerque Alves

**Programa de Pós-graduação em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos**

**Brasília, august of 2019.**

To enhance the quality of life and environmental sustainability, several sustainable land management technologies (SLM - Sustainable Land Management) have been implemented in rural areas of the brazilian semiarid. The present work aimed to select environmental indicators for participatory environmental monitoring of SLM that can promote a process of learning and environmental awareness of land users in rural areas of the brazilian semiarid. A benchmarking exercise captured a range of participatory approaches to monitoring SLM in drylands around the world that can be used in SLM projects in the context of the brazilian semiarid. In addition to the positive social and environmental impacts of SLM technologies, which usually correspond to the objectives of their implementation, potential negative impacts of some of the SLM technologies being implemented in the brazilian semiarid region were also identified. Through a methodology based on causal networks with DPSIR structure (driving force - pressure - state - impact - response), five easy-to-monitor indicators were selected by land users with minimal technology or affordable technical inputs: conductivity electric water; groundwater depth (changes); plant biomass; soil depth (changes); and rainfall.

## SUMÁRIO

1	Introdução.....	1
1.1	Objetivos.....	3
1.1.1	Objetivos específicos .....	3
2	Base conceitual e revisão de literatura .....	4
2.1	Caracterização do semiárido brasileiro.....	4
2.1.1	Intervenções no semiárido brasileiro .....	10
2.2	Gestão sustentável da terra .....	14
2.2.1	Tecnologias de gestão sustentável da terra .....	16
2.2.2	Participatividade para a gestão sustentável da terra.....	20
2.3	Monitoramento ambiental participativo.....	23
2.3.1	Monitoramento baseado na comunidade: um exemplo de Ciência cidadã 28	
2.4	Seleção de indicadores ambientais .....	32
3	Metodologia .....	36
3.1	Identificação de impactos ambientais e indicadores abstratos.....	38
3.2	<i>Benchmarking</i> .....	40
3.3	Seleção de indicadores concretos .....	41
4	Resultados e discussão .....	44
4.1	Impactos de tecnologias SLM no semiárido brasileiro.....	44
4.2	Técnicas de monitoramento ambiental participativo de SLM.....	53

4.2.1	Monitoramento colaborativo com interpretação local de dados: Projeto CBRLM	53
4.2.2	Monitoramento colaborativo com interpretação externa de dados: Projeto DESIRE.....	57
4.2.3	Monitoramento orientado externamente com coletores de dados locais: Projeto LADA - Local .....	59
4.2.4	Discussão .....	61
4.3	Indicadores para monitoramento participativo de SLM no semiárido brasileiro	65
4.3.1	Condutividade elétrica da água .....	66
4.3.2	Profundidade da água subterrânea (mudanças).....	66
4.3.3	Biomassa vegetal.....	67
4.3.4	Profundidade do solo (mudanças).....	68
4.3.5	Pluviometria .....	68
4.3.6	Discussão .....	69
5	Conclusões e recomendações .....	71
6	Referências .....	72
	Anexo 1 – Tabela de indicadores de SLM do Wocat .....	99
	Anexo 2 – Figuras ilustrativas sobre o monitoramento de SLM.....	101



## **Lista de Tabelas**

Tabela 2-1 - Programas e livros de diferentes instituições que disseminam tecnologias SLM no semiárido brasileiro.....	13
Tabela 2-2 - Tipologias de tecnologias SLM e seus objetivos. Fonte: Unccd, 2017. .....	17
Tabela 2-3 - Critérios utilizados para seleção de indicadores. Retirado de Niemeijer & Groot (2008) com base em Schomaker (1997), OECD (2001), NRC (2000), Riley (2000), Dale and Beyeler (2001), CBD (1999), Pannell and Glenn (2000), Kurtz et al. (2001), EEA (2005a).....	33
Tabela 3-1 - Critérios para seleção de indicadores concretos para monitoramento de SLM baseado na comunidade.....	42
Tabela 4-1 - Impactos de tecnologias SLM implementadas no semiárido brasileiro e indicadores abstratos relacionados. ....	48
Tabela 4-2 - Análise das abordagens de monitoramento participativo de SLM selecionadas. ....	64
Tabela 4-3 - Atendimento dos indicadores concretos selecionados aos critérios de seleção de indicadores ambientais propostos no presente trabalho. ....	65
Tabela I - Indicadores utilizados pelo projeto Lada-local e Desire para avaliação de tecnologias SLM. Fonte:Wocat, sd. ....	99

## Lista de Figuras

Figura 2-1 - Delimitação do semiárido brasileiro. Fonte: Sudene, 2017. ....	5
Figura 2-2- Fotos ilustrativas sobre formas de uso da terra que causam degradação em áreas rurais do semiárido brasileiro. Fotos de Marcelo Hasbani e Paulo Araújo (2018). 8	8
Figura 2-3 - Fotos ilustrativas de tecnologias SLM implementadas por diversas instituições em áreas rurais do semiárido brasileiro. ....	12
Figura 3-1 – Diagrama da metodologia utilizada para alcançar os objetivos propostos. ....	36
Figura 3-2 - Etapas do método adaptado de Niemeijer & Groot (2008) para seleção de um conjunto de indicadores ambientais. ....	37
Figura 3-3 - Estrutura DPSIR utilizada em estudos multidisciplinares de indicadores ambientais. Fonte: modificado de Neimeijer & Groot (2008). ....	38
Figura 3-4 - Fluxograma da etapa de identificação de impactos ambientais de tecnologias SLM implementadas no semiárido brasileiro e de indicadores abstratos associados. ....	40
Figura 4-1 - Estrutura DPSIR com processos de degradação da terra característicos do semiárido brasileiro. ....	44
Figura I - Diferentes cenários de disponibilidade de biomassa vegetal em parcelas de um metro quadrado. Fonte: Kruger, 2006. ....	101
Figura II - Pluviômetro simples utilizado para o monitoramento local baseado na comunidade, na Namíbia. Extraído de Gopa-Cbrlm (2011). ....	101
Figura III - Visualização de aumento na biomassa vegetal por meio de fotografias em ponto fixo de um pedaço de terra. Extraído de Gopa-Cbrlm, 2011. ....	101
Figura IV - Pluviômetros artesanais utilizados em estudo sobre impactos de barragens subterrâneas, no Kênia. Extraído de Hoogmoed (2007). ....	102

## Lista de siglas, abreviaturas e símbolos

<b>SIGLA</b>	<b>Significado</b>	<b>Tradução</b>
AIA	Avaliação de Impactos Ambientais	
ASA	Articulação no Semiárido	
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior	
CBD	Convention on Biological Diversity	Convenção Sobre Diversidade Biológica
CBM	Community Based Monitoring	Monitoramento Baseado na Comunidade
CBRLM	Community Based Rangeland and Livestock Management	Gestão de Pastagens e Gado Baseada na Comunidade
DPSIR	Driving force - Pressure - State - Impact - Response	Força Motriz - Pressão - Estado - Impacto - Resposta
DSR	Driving force - State - Response	Força-Estado-Resposta
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations	Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura
FIRM	Forum for Integrated Natural Resource Management	Fórum para Gerenciamento Integrado de Recursos Naturais
GEF	Global Environment Fund	Fundo Global para o Meio Ambiente
GTDN	Grupo de Trabalho para o Desenvolvimento do Nordeste	
IDF	Intensidade - Duração - Frequência	
IOCS	Inspetoria Federal de Obras Contra as Secas	
ISFM	Integrated Soil Fertility Management	Manejo Integrado da Fertilidade do Solo
LADA	Land Degradation Assessment in Drylands	Avaliação da degradação da terra em terras secas
LADA-Local	Local level land resources assessment methodology	Metodologia local de avaliação de recursos terrestres
LD	Land Degradation	Degradação da terra
LLM	Local Level Monitoring	Monitoramento de Nível Local
MA	Millennium Ecosystem Assessment	Avaliação Ecológica do Milênio
MUSLE	Modified Universal Soil Loss Equation	Equação universal de perda de solo modificada
ONGs	Organizações Não Governamentais	
PAE	Percentual de Abatimento de Erosão	
PRA	Participatory Rural Appraisal	Avaliação Rural Participativa

<b>SIGLA</b>	<b>Significado</b>	<b>Tradução</b>
Programa Conviver	Programa de Ações Integradas de Convivência com o Semiárido	
Projeto Desire	Mitigation of Desertification and Remediation of Degraded Lands	Mitigação da Desertificação e Remediação de Terras Degradadas
PSR	Pressure - State - Response	Pressão-Estado-Resposta
QA	Questionnaire on Sustainable Land Management Approaches	Questionário sobre Abordagens de Gestão Sustentável da Terra
QT	Questionnaire on Sustainable Land Management (SLM) Technologies	Questionário sobre Tecnologias de Gestão Sustentável da Terra
SFM	Sustainable Forest Management	Manejo Florestal Sustentável
SLM	Sustainable Land Management	Gestão sustentável da terra
SOC	Soil Organic Carbon	Carbono Orgânico no Solo
SPI	Science-Policy Interface	Interface de Política Científica
SUDENE	Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste	
UNCCD	United Nations Convention to Combat Desertification	Convenção das Nações Unidas sobre o Combate à Desertificação
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change	Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima
URAD	Unidades de Recuperação de Áreas Degradadas	
USLE	Universal Soil Loss Equation	Equação Universal de Perda de Solos
WOCAT	World Overview of Conservation Approaches and Technologies	Visão Mundial de Abordagens e Tecnologias de Conservação

# 1 INTRODUÇÃO

O semiárido brasileiro é uma região caracterizada por precipitações pluviométricas médias anuais entre 500 mm e 800 mm (Araújo, 2012), com chuvas concentradas em apenas alguns meses do ano, índice de aridez igual ou inferior a 0,50 e percentual diário de déficit hídrico igual ou superior a 60% (Sudene, 2017). Ademais, há predominância do embasamento cristalino, caracterizado por solos de pequena espessura (Manoel Filho, 2000).

A despeito dessas características ambientais, os usuários de terras residentes em áreas rurais do semiárido brasileiro buscam manter suas atividades produtivas, em sua maioria culturas de subsistência, embora determinadas práticas de uso da terra tendam a provocar degradação e a aumentar o desequilíbrio entre oferta e demanda de recursos naturais. Essas populações, em geral, passam por privações alimentares e hídricas, principalmente nas épocas das secas.

Diversas instituições, governamentais e não governamentais, vêm apoiando a difusão de métodos, técnicas e procedimentos que contribuam para a qualidade de vida no semiárido brasileiro, principalmente por meio de projetos e pela publicação de materiais para a divulgação de tecnologias que visam ao desenvolvimento rural sustentável da região.

Algumas dessas tecnologias são denominadas boas práticas de gestão da terra, ou tecnologias de gestão sustentável da terra (SLM – sigla em inglês), e podem ser divididas em grupos, tais como: gestão de recursos hídricos, controle de erosão do solo, manejo sustentável de florestas, controle de incêndios, agropecuária sustentável e reflorestamento.

No entanto, para promover a qualidade de vida em um ecossistema seco como o semiárido brasileiro, faz-se necessário analisar os resultados efetivamente alcançados por essas iniciativas. Nesse sentido, o monitoramento ambiental participativo pode ser uma ferramenta importante para garantir que os potenciais impactos resultantes da implementação dessas tecnologias sejam avaliados, bem como para favorecer o envolvimento e participação dos usuários de terras.

O presente trabalho busca selecionar indicadores ambientais para o monitoramento ambiental participativo da gestão sustentável da terra em áreas rurais do semiárido brasileiro.

Os indicadores devem ser simples e devem favorecer a percepção pelos usuários de terra de como gerir sustentavelmente seus recursos naturais, promovendo a qualidade de vida em uma região seca como o semiárido brasileiro.

Por meio de uma revisão de literatura, o presente estudo abordou uma caracterização geral do semiárido brasileiro e de intervenções que vêm sendo realizadas por diversas instituições a fim de se promover a sustentabilidade ambiental na região. Em seguida, demonstrou-se a importância da gestão sustentável da terra para a promoção do bem-estar humano e tipologias de tecnologias de gestão sustentável da terra foram apresentadas a fim de ilustrar seu potencial para evitar, reduzir ou reverter a degradação da terra. Depois, apresentou-se a utilidade do monitoramento ambiental participativo para a gestão sustentável da terra. O último tópico da revisão de literatura apresenta referências de métodos para a seleção de indicadores ambientais.

Como parte da metodologia e resultados, foram identificados os potenciais impactos ambientais de diversas tecnologias de gestão sustentável da terra que vêm sendo difundidas em áreas rurais do semiárido brasileiro, bem como seus indicadores abstratos associados. Em seguida, foi realizada a identificação e avaliação das melhores práticas de monitoramento ambiental participativo da gestão sustentável da terra que vêm sendo utilizadas em regiões de terras secas, num processo conhecido por *benchmarking*. Por fim, foi realizada a seleção prévia de um conjunto de indicadores ambientais a serem utilizados no monitoramento participativo de tecnologias de gestão sustentável da terra em áreas rurais do semiárido brasileiro.

## **1.1 OBJETIVOS**

O presente trabalho visa à proposição de indicadores para o monitoramento ambiental participativo de tecnologias de gestão sustentável da terra em áreas rurais do semiárido brasileiro.

### **1.1.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Identificação de potenciais impactos ambientais resultantes da implementação de tecnologias de gestão sustentável da terra por diversas instituições em áreas rurais do semiárido brasileiro e de indicadores abstratos associados.
2. Identificação de referências (*benchmarking*) da gama de técnicas utilizadas no monitoramento ambiental participativo de tecnologias de gestão sustentável da terra em terras secas ao redor do mundo.
3. Seleção preliminar de conjunto de indicadores para o monitoramento ambiental participativo da gestão sustentável da terra.

## **2 BASE CONCEITUAL E REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 CARACTERIZAÇÃO DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

O semiárido brasileiro é uma região delimitada pela Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (Sudene), considerando condições climáticas dominantes de semiaridez. Os critérios utilizados são a precipitação pluviométrica média anual igual ou inferior a 800 mm; o índice de Aridez de Thornthwaite igual ou inferior a 0,50 e; o percentual diário de déficit hídrico igual ou superior a 60%, considerando todos os dias do ano (Sudene, 2017).

Com uma insolação média de 2.800 h/ano, temperaturas médias anuais de 23°C a 27°C e umidade relativa do ar de aproximadamente 50%, apesar de ser um dos mais chuvosos do planeta, com precipitação média anual oscila entre 500 e 850 mm (Araújo, 2012), o semiárido brasileiro possui distribuição pluviométrica temporal irregular e elevados déficits hídricos, resultantes de evapotranspiração potencial média superior a 2.000 mm anuais (INSA, 2011). Seu solo é geralmente raso sobre embasamento cristalino (Gaiser, et al., 2003; Güntner & Bronstert, 2004) e seus rios principais são intermitentes.

Assim, o semiárido brasileiro, conta com uma disponibilidade hídrica anual média de 700 bilhões de m<sup>3</sup>, o que poderia ser considerado expressivo, não fosse a perda de 97% pelo fenômeno da evapotranspiração e pelo escoamento superficial. Dessa forma, somente 24 bilhões de m<sup>3</sup> permanecem efetivamente disponíveis (Rebouças & Marinho, 1972).

Conforme a Classificação Climática de Köppen, no semiárido brasileiro há predomínio do clima tipo BShw', definido como tropical quente semiárido com estação chuvosa concentrada entre os meses de janeiro a abril, podendo estender-se até o mês de maio, porém, as chuvas ocorrem com maior intensidade nos meses de março e abril (INSA, 2011).



No semiárido brasileiro, a hidrologia e a vegetação são totalmente dependentes do ritmo climático. O longo período seco, com alta evaporação, leva a uma desperenização generalizada dos rios, riachos e córregos endógenos. Trata-se, portanto, de um conjunto de fatores hidrológicos e ecológicos relacionados ao clima semiárido regional, “muito quente e sazonalmente seco, que projeta derivadas radicais para o mundo das águas, o mundo

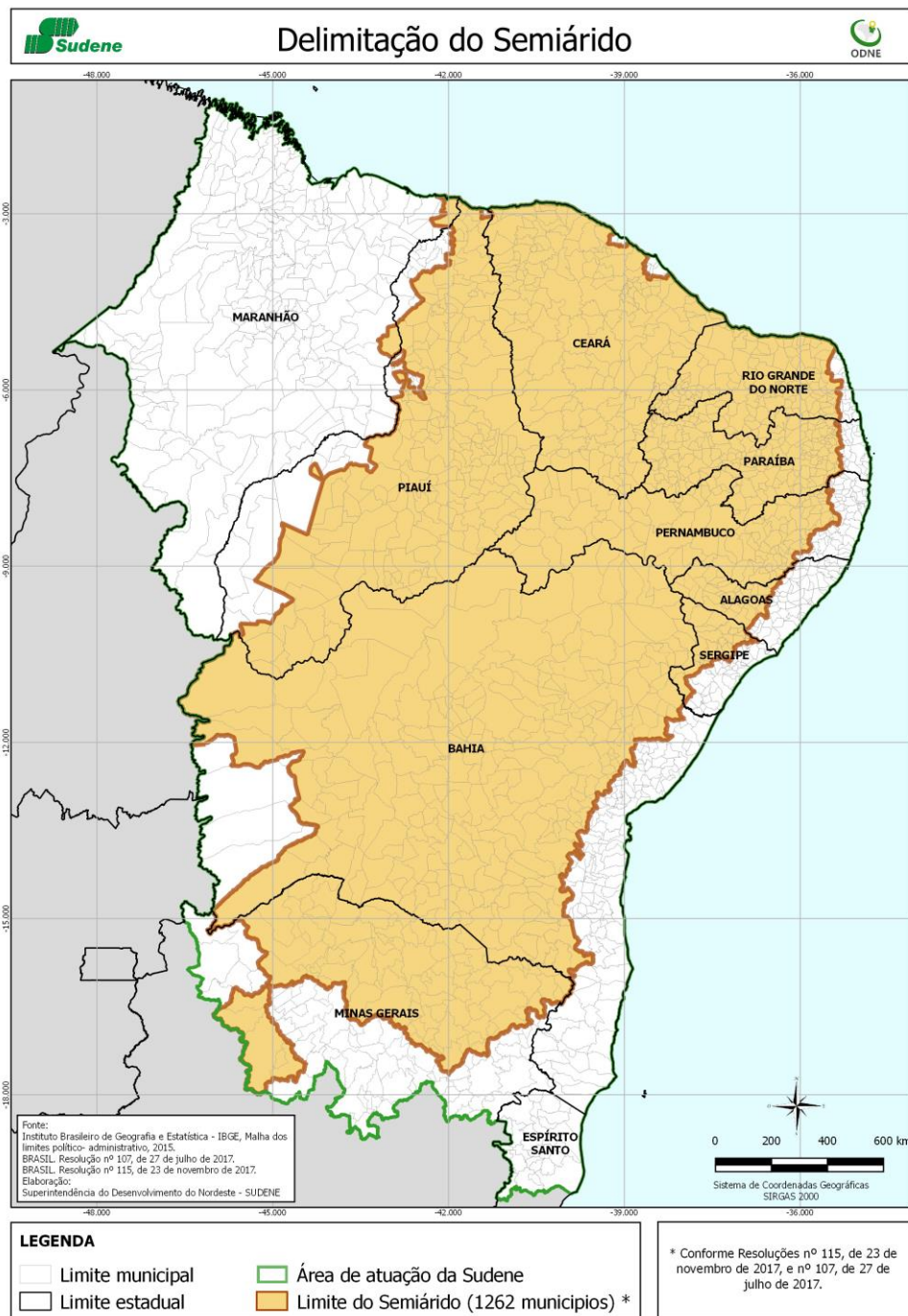


Figura 2-1 - Delimitação do semiárido brasileiro. Fonte: Sudene, 2017.

orgânico das caatingas e o mundo socioeconômico dos viventes dos sertões” (Ab'Saber, 2003). Assim, um dos principais fatores negativistas do semiárido brasileiro é o “regime anárquico de seus cursos de água, com grandes enchentes que levam tudo de roldão seguidas de longos períodos marcados por rios e riachos totalmente secos” (Barreto & Godoy, 2015).

Um dos fatores marcantes da paisagem do semiárido é a vegetação de caatinga, que na língua indígena quer dizer mata branca. Trata-se de um bioma caracteristicamente brasileiro, com alta biodiversidade, onde se destaca a formação vegetal xerófila (adaptada à seca) com folhas pequenas que reduzem a transpiração, os caules suculentos para armazenar água e as raízes espalhadas para capturar o máximo de água durante as chuvas. Além das cactáceas, destacam-se espécies arbóreas, herbáceas e arbustivas, sendo algumas endêmicas (Silva R. M., 2003).

A geologia do semiárido é marcada pela grande variação da litologia com ocorrência predominante de rochas do embasamento cristalino, seguido de bacias sedimentares e, em menor proporção, ocorrem áreas do cristalino recobertas por materiais arenosos ou argilosos (Sampaio, 1995; Jacomine, 2002).

Aproximadamente 43% das classes de solos (luvisolos, planossolos e neossolos litólicos) que ocorrem no semiárido, podem apresentar limitações quanto à pedregosidade e profundidade efetiva. De um modo geral a profundidade destes solos varia de rasas (neossolos litólicos) a pouco profundas (luvisolos e planossolos), indicando alta susceptibilidade à erosão (Cunha, 2010).

Os neossolos litólicos são solos rasos que apresentam contato lítico típico ou fragmentário dentro de 50 cm da superfície do solo (Embrapa, 2013). O contato lítico nesta profundidade limita o desenvolvimento das raízes, principalmente de árvores que possuem sistema radicular mais profundo (Oliveira J. B., 2008). A pouca espessura destes solos, quando associada a relevo forte ondulado a montanhoso potencializa os processos erosivos e dificulta a mecanização agrícola

Os luvisolos são solos minerais com argila de atividade alta e eutróficos (Embrapa, 2013), normalmente são pouco profundos e frequentemente apresentam camadas de pedras e cascalhos, ou seja, pavimento desértico (Lepsch, 2011). A maioria dos solos desta classe possui mudança textural abrupta com limitações também relacionadas à restrição à

mecanização e risco de erosão, principalmente quando ocorre mudança textural abrupta associada a relevo acentuado e pedregosidade (Andrade, et al., 2010).

Os planossolos são solos minerais caracterizados pela mudança textural abrupta, adensamento e baixa permeabilidade, podendo ocorrer mobilização e sorção do cátion sódio (Embrapa, 2013). As limitações dos solos desta classe estão relacionadas ao horizonte B plânico que propicia uma má drenagem no perfil acarretando na formação de lençol freático suspenso no período chuvoso (Oliveira, 2008) e susceptibilidade à erosão hídrica (Andrade, et al., 2010).

Também há necessidade de mencionar os argissolos que representam 14,7% dos solos que ocorrem no semiárido, podendo apresentar limitação decorrente do relevo, da pedregosidade superficial e interna e da mudança textural (Cunha, 2010). Os argissolos compreendem uma classe de solos bastante heterogênea (Lepsch, 2011) desde solos rasos a muito profundo, abruptos ou não, cascalhento ou não e bem drenados a imperfeitamente drenados (Oliveira, 2008).

As áreas semiáridas são caracterizadas pelo desequilíbrio entre oferta e demanda de recursos naturais frente às necessidades básicas das populações que nelas habitam. Apesar dessas características gerais, o semiárido brasileiro é uma realidade complexa, tanto no que se refere aos aspectos geofísicos, quanto à ocupação humana e à exploração dos seus recursos naturais (Silva R. M., 2003). O processo de ocupação do semiárido, com a introdução de práticas econômicas agropecuárias e tratos culturais nem sempre adequados aos ecossistemas locais, tem provocado ou agravado esses desequilíbrios socioambientais (MMA, 2005).

Segundo Andrade (1999), a pecuária foi a primeira forma de ocupação do espaço semiárido no período colonial. A pecuária extensiva exigia amplas áreas de terras, transformando-se na base produtiva do latifúndio e do poder dos barões e dos coronéis, tendo por pressuposto a expulsão dos povos indígenas (Ribeiro, 1995; Ab'Sáber, 2003). Já a agricultura de subsistência foi sendo desenvolvida largamente com a produção de gêneros alimentícios como mandioca, feijão e milho visando o auto abastecimento (Silva R. M., 2003)

A agricultura realizada pela maior parte dos pequenos produtores do semiárido brasileiro têm como particularidade um baixo nível tecnológico, e as práticas agrícolas tradicionais são as predominantes nos sistemas de cultivos. A minoria dos agricultores dessa região utiliza as inovações tecnológicas que podem garantir um aproveitamento mais racional dos recursos disponíveis em suas propriedades (Oliveira, et al., 1995).



Figura 2-2- Fotos ilustrativas sobre formas de uso da terra que causam degradação em áreas rurais do semiárido brasileiro. Fotos de Marcelo Hasbani e Paulo Araújo (2018).

No semiárido brasileiro, região que demanda maior empenho e racionalidade para promoção de um desenvolvimento sustentável, devido às condições climáticas, as bacias hidrográficas e seus recursos naturais vêm sendo degradados e pouco priorizados, em comparação aos interesses econômicos. Um zoneamento proposto pela Embrapa (1993) indica que 36% da área de domínio do semiárido (cerca de 35 milhões de hectares) tem fortes restrições ao uso agrícola. O desconhecimento da complexidade do semiárido conduziu à introdução de práticas agropecuárias inadequadas, provocando ou agravando desequilíbrios

ambientais. Nessas regiões, as principais consequências da degradação derivada da ação humana são a erosão e os processos de salinização do solo (MMA, 2005).

Ações como pastoreio intensivo, uso da vegetação nativa como fonte energética, retirada da mata ciliar, agricultura tradicional, aliadas a características naturais, como declividade acentuada, precipitação torrencial e secas extremas, entre outras, promovem o empobrecimento e erosão dos solos, ocasionando o assoreamento dos rios e reservatórios hídricos, dispostos ao longo das bacias hidrográficas, culminando com a degradação das terras (desertificação) (Alves, et al., 2017).

O semiárido brasileiro pode ser enquadrado no contexto das terras secas, que são as regiões sob clima árido, semiárido e subúmido seco. Mais de um terço da humanidade vive em terras secas (35% da população global no ano 2000), as quais cobrem cerca de 41% da terra global (Safriel & Adeel, 2005). Essas regiões possuem baixa produtividade biológica, contêm populações com as maiores taxas de crescimento e compartilham uma fração significativa da pobreza global (Dobie, 2001) com maior mortalidade infantil em comparação com os outros ecossistemas (MEA, 2005).

Quanto à forma de vida em áreas rurais do semiárido brasileiro, segundo diagnóstico realizado pela Cáritas Brasileira (2002) na região, envolvendo mais de trinta e quatro mil pessoas residentes em cento e trinta e sete municípios, a situação ocupacional predominante é a agricultura familiar. O tipo de produção que predomina é a agricultura de sequeiro, seguida da criação de pequenos animais. A maioria dos agricultores sofrem perdas na produção agrícola durante as estiagens, ocorrendo perdas em rebanhos na metade dos casos. O nível de renda predominante é entre um a meio salário mínimo e um dos principais problemas enfrentados é a escassez de água, com fragilidade permanente no abastecimento hídrico que se agrava nos períodos de estiagem, durante os quais o abastecimento de água é feito principalmente por carros pipa. Em todas as localidades diagnosticadas existe algum tipo de organização dos comunitária: associações comunitárias, de produtores; grupos de famílias, etc.

Na época das secas, geralmente as fontes hídricas disponíveis não são suficientes para atender todas as necessidades familiares limitando as atividades produtivas, geralmente relacionadas à agropecuária e à agricultura familiar e limitando também a fixação do homem

no seu lugar de origem (Gomes, 2001). As famílias gastam até 30 horas por mês em busca de água. As latas, que contém até 20 litros d'água são transportadas geralmente nas cabeças causando efeitos crônicos negativos à saúde (Dillingham, et al., 2004).

O desenvolvimento da vulnerabilidade regiões de terras secas, como o semiárido brasileiro, depende de quão bem os meios de vida humanos são ajustados às restrições naturais (Safriel & Adeel, 2008). A degradação dos recursos naturais resulta de interações multifacetadas entre os contextos ambientais, socioeconômicos e políticos (Safriel & Adeel, 2005). Por exemplo, a intensificação da produção agrícola induzida pela pobreza provoca estresse hídrico e degradação do solo. Os recursos naturais podem degradar-se a tal ponto que os potenciais aumentos de rendimento são largamente superados pelas severas consequências da degradação (Petschel-Held, et al., 1999; Barbier, 2000).

Fatores demográficos e sócio-políticos levam os usuários da terra seca a superexplorar ou usar mal os recursos da terra, o que resulta em uma redução, ao invés de um aumento desejado, na produtividade da terra. Isto leva a pobreza interligada, fome e migração dos usuários da terra. Estes, por sua vez, amplificam ainda mais os impulsos demográficos e sócio-políticos que iniciaram os processos de degradação.

Por outro lado, as restrições locais podem promover práticas inovadoras que podem promover a adaptação às restrições locais, particularmente quando acompanhadas de políticas de apoio (Tiffen, et al., 1994). Meios de subsistência ajustados geram condições resilientes, conservando os recursos naturais e, ao mesmo tempo, fomentando o progresso do desenvolvimento. Nesta trajetória, os recursos são utilizados dentro de estreitos limites naturais baseados no consumo conservador de água e na gestão sustentável da terra. Essas práticas ajudam na prevenção do estresse hídrico e na conservação de solos produtivos. A melhoria do bem-estar humano resultante gera condições adequadas para o progresso do desenvolvimento e um retorno positivo para o uso sustentável de recursos.

### **2.1.1 INTERVENÇÕES NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

De modo geral, as ações governamentais de intervenção na realidade do semiárido brasileiro inicialmente foram sendo construídas com base nas seguintes características: (i) o caráter emergencial, fragmentado e descontínuo dos programas desenvolvidos em momentos

de calamidade pública; (ii) as ações emergenciais que alimentam a “indústria da seca”; e, (iii) a solução hidráulica, com a construção de obras hídricas, quase sempre favorecendo empreiteiras e a grande propriedade rural (Silva R. M., 2003).

Essas ações decorriam de uma visão tecnicista das problemáticas do semiárido. A Inspeção Federal de Obras Contra as Secas (IOCS), órgão governamental de engenharia criado em 1909 para atuar na região, considerava que o combate à seca consistia, sobretudo no armazenamento de água (política de açudagem), esquecendo-se, no entanto, “que a água armazenada era, em grande parte, perdida pela evaporação, em um clima quente e seco” (Andrade, 1999). Em 1959, o Grupo de Trabalho para o Desenvolvimento do Nordeste (GTDN), alertava sobre a ineficiência do combate aos efeitos da seca: “Por motivos diferentes, nem as medidas de curto prazo nem as de longo prazo contribuíram, até o presente, para modificar fundamentalmente, os dados do problema” (GTDN, 1959).

Com o passar do tempo, no entanto, a problemática do desenvolvimento provocou o surgimento de vários movimentos de tomada de consciência dos impactos ambientais. A compreensão do desenvolvimento sustentável começou a ser construída na Conferência de Estocolmo (1972) e no Simpósio de Cocoyoc (1974). Esses eventos tiveram grandes méritos: a identificação de relações intrínsecas entre meio ambiente e desenvolvimento; os avanços conceituais que enfrentaram os reducionismos; e a formulação de estratégias para a promoção de um “desenvolvimento socioeconômico equitativo, ou eco desenvolvimento” (Sachs, 1993).

Assim, articulada às discussões sobre a emergência de um novo paradigma de sustentabilidade, foi construída a perspectiva da convivência com qualidade de vida no semiárido brasileiro. Nessa perspectiva, o semiárido é concebido enquanto um complexo de ecossistemas com os seus limites e as suas potencialidades. Trata-se de um espaço onde é possível construir ou resgatar relações de convivência entre os seres humanos e a natureza, com base no tripé da sustentabilidade ambiental, da qualidade de vida das famílias sertanejas e do incentivo às atividades econômicas apropriadas (Silva R. M., 2003).

A construção da proposta de convivência com o semiárido tem sua gênese nas iniciativas de centros de pesquisa, como a Embrapa, e das organizações não governamentais que vêm desenvolvendo projetos nas áreas de recursos hídricos, produtivas e socioculturais

em áreas do semiárido brasileiro desde o início da década de 1980. A proposta ganhou impulso significativo no final da década de 1990, com a criação da Articulação no Semiárido (ASA), uma rede formada por mais de três mil organizações da sociedade civil que defende, propaga e põe em prática, inclusive por meio de políticas públicas, o projeto político da convivência com o Semiárido. Sua missão é contribuir para a implementação de ações integradas para o semiárido; a conservação, o uso sustentável e recomposição ambiental dos recursos naturais; a quebra do monopólio do acesso à terra, água e outros meios de produção; e apoiar a difusão de métodos, técnicas e procedimentos que contribuam para a convivência com o semiárido (ASA, 2001).



Figura 2-3 - Fotos ilustrativas de tecnologias SLM implementadas por diversas instituições em áreas rurais do semiárido brasileiro.

A perspectiva da convivência com o semiárido também passou a perpassar programas governamentais. Em 2001, o Governo Federal lançou o Programa Sertão Cidadão: Convívio com o Semiárido e Inclusão Social, com a proposta de desenvolver ações permanentes para elevar os indicadores de educação, renda e saúde do semiárido. Outra iniciativa proposta foi a implementação do Programa de Disseminação de Tecnologias Apropriadas para o Semiárido, tendo por orientação a recuperação e preservação dos



recursos naturais, o reordenamento dos espaços agroeconômicos, a promoção de mudanças no padrão tecnológico e as alternativas de inserção no mercado (Silva R. M., 2003).

Em abril de 2003, foi lançado o Programa de Ações Integradas de Convivência com o Semiárido (Programa Conviver). Compreendendo um conjunto de ações voltadas para melhoria da vida dos agricultores familiares do semiárido brasileiro tendo como uma de suas ações a assistência técnica e educação para desenvolvimento de metodologias e tecnologias de convivência com o semiárido (Silva R. M., 2003).

Atualmente, diversas instituições, governamentais e não governamentais, vêm apoiando a difusão de métodos, técnicas e procedimentos que contribuam para a qualidade de vida no semiárido brasileiro (Tabela 2-1). Essas tecnologias são comumente denominadas boas práticas de gestão da terra, ou tecnologias de gestão sustentável da terra (SLM).

Tabela 2-1 - Programas e livros de diferentes instituições que disseminam tecnologias SLM no semiárido brasileiro.

<b>Programa / Livro</b>	<b>Instituição</b>	<b>Referência</b>
Programa de Convivência com o Semiárido (PCSA)	Cáritas Brasileira	Cáritas Brasileira, 2002
Programa uma terra e duas Águas	Articulação Semiárido (ASA)	Gnadlinger, et al., 2007
Programa Produtor de Água	Agência Nacional de Águas (ANA)	ANA, 2012
Estratégia URAD (Unidades de recuperação de áreas degradadas)	Ministério do Meio Ambiente (MMA)	MMA, 2018
Tecnologias adaptadas para o desenvolvimento sustentável do semiárido brasileiro	Instituto Semiárido (Insa), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)	Furtado, et al., 2013
Convivência com o semiárido brasileiro: replicando saberes através de tecnologias sociais	Instituto brasileiro de desenvolvimento e sustentabilidade (Iabs) e Agência espanhola de cooperação internacional para o desenvolvimento (Aecid)	Gualdani, et al., 2015

Tabela 2-1 - Programas e livros de diferentes instituições que disseminam tecnologias SLM no semiárido brasileiro (Continuação).

Programa Internacional	Semear	Fundo Internacional para o Desenvolvimento Agrícola (Fida), e Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura (IICA)	Procasur, 2016
Semeando inspirando soluções: boas práticas na convivência com o semiárido	saberes,	Fundo Internacional para o Desenvolvimento Agrícola (Fida), Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura (IICA) e Agência espanhola de cooperação internacional para o desenvolvimento (Aecid)	Sento Sé, 2017
Caminhos para a agricultura sustentável: princípios conservacionistas para o pequeno produtor rural		Fundação de desenvolvimento sustentável do Araripe e Ministério do Meio Ambiente (MMA)	Barreto & Godoy, 2015

## 2.2 GESTÃO SUSTENTÁVEL DA TERRA

A terra é o suporte de todas as formas de vida e a base do desenvolvimento das sociedades humanas. A terra fornece funções ambientais vitais e serviços ecossistêmicos, incluindo serviços de provisionamento e regulação. Também está ligada ao bem-estar humano e desempenha um papel na segurança alimentar e na subsistência. Quando os recursos da terra são excessivamente explorados e degradados, a qualidade de vida é afetada negativamente e pode resultar em insegurança alimentar, perda de emprego, deslocamento ou conflito (Acuña, et al., 2015).

Os ecossistemas contribuem para o bem-estar humano de várias maneiras complexas em múltiplas escalas de espaço e tempo. Os serviços ecossistêmicos são os benefícios que as pessoas obtêm dos ecossistemas (MEA, 2005), incluindo produtos agrícolas, ar limpo, água doce, regulação de perturbações, regulação do clima, oportunidades recreativas e solos férteis, são prejudicados pelos efeitos da degradação da terra e são um fenômeno global (Walker et al., 2002; Foley et al., 2005; MEA, 2005; UNEP, 2012).

Melhorar a qualidade de vida econômica, social e cultural requer, portanto, a gestão e a preservação da capacidade da terra de continuar fornecendo bens e serviços para a sociedade. Hoje, a sociedade não está destinada apenas a usar e compartilhar a mesma terra, mas a enfrentar a degradação dela não apenas pela atividade humana, mas pela própria dinâmica da natureza (Acuña, et al., 2015).

Globalmente, a degradação da terra continua sendo uma das questões ambientais mais urgentes, com implicações importantes para a sustentabilidade em vários níveis, através de ligações intrincadas com a produção de alimentos, pobreza e mudanças climáticas (Meadows & Hoffman, 2003; Stringer et al., 2012).

Ademais, a maioria das pesquisas de desertificação se concentra em avaliações de degradação sem dar ênfase suficiente às estratégias de prevenção e mitigação, embora o conceito de gestão sustentável da terra (SLM – Sustainable Land Management) seja cada vez mais reconhecido. Esforços para lidar com a degradação da terra pela adoção generalizada de tecnologias de remediação estão se tornando cada vez mais críticos à medida que a produtividade da terra precisa ser fomentada (Burney et al., 2010) e resiliência dos sistemas agrícolas aumentada (Koochafkan, et al., 2012; Tiftonell & Giller, 2013).

Para combater e mitigar os efeitos da desertificação, degradação da terra e seca são recomendadas estratégias integradas de longo prazo que simultaneamente aumentem a produtividade da terra e reabilitem, conservem e gerenciem de forma sustentável os recursos terrestres, melhorando as condições de vida e o bem-estar humano. A gestão sustentável da terra (SLM - Sustainable Land Management) desempenha um papel fundamental nesse processo, pois representa uma abordagem holística para preservar as funções vitais e os serviços fornecidos pela terra em uma capacidade produtiva sustentável de longo prazo, integrando necessidades e valores biofísicos, socioculturais e econômicos (Sanz et al., 2017).

A gestão sustentável da terra (SLM) foi definido na Cúpula da Terra do Rio em 1992 como “o uso de recursos terrestres, incluindo solos, água, animais e plantas, para a produção de bens para atender às necessidades humanas em mutação, assegurando simultaneamente, a longo prazo, o potencial produtivo desses recursos e a manutenção de suas funções ambientais”. Em sua aplicação prática, a gestão sustentável da terra (SLM) pode ser uma tecnologia, abordagem ou prática, ou uma combinação destes, envolvendo medidas

agronômicas, vegetativas, de manejo ou estruturais. A SLM visa integrar os princípios socioeconômicos (a capacidade de atender às necessidades humanas em mudança) com as preocupações ambientais (garantir o potencial produtivo de longo prazo dos recursos da terra e manter suas funções ambientais) (Sanz et al., 2017).

Há cada vez mais evidências científicas dos potenciais e vantagens do SLM em fornecer soluções apropriadas baseadas na terra para abordar simultaneamente a desertificação, a degradação da terra e a seca e alcançando outros co-benefícios, como proteger a quantidade e qualidade do solo e dos recursos hídricos. A gestão sustentável da terra (SLM) tem sido amplamente promovida com muitos projetos de uso da terra em diferentes países devido em parte às extensas evidências científicas de seus múltiplos benefícios e sinergias com objetivos de desenvolvimento sustentável, como Convenções do Rio e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (Sanz et al., 2017).

### **2.2.1 TECNOLOGIAS DE GESTÃO SUSTENTÁVEL DA TERRA**

As tecnologias de gestão sustentável da terra (SLM) podem ser definidas como medidas práticas para prevenir, diminuir ou reverter os efeitos da degradação da terra nos recursos terrestres (incluindo solo e água) e manter e melhorar a produtividade da terra, economia de água e eficiência de uso. Tais medidas práticas podem (mas não necessariamente) implicar mudanças no uso da terra e na subsistência dos usuários da terra (Fleskens, et al., 2013).

Exemplos de gestão sustentável da terra (SLM) existem em todo o mundo. Em muitos casos, o SLM evoluiu em grande parte pelas práticas tradicionais locais e experimentação, ou foi adotado com base em evidências científicas. Existe uma variedade de medidas de conservação, já aplicadas no âmbito local, que não são adequadamente reconhecidas, avaliadas e compartilhadas, seja por usuários da terra, técnicos, pesquisadores ou formuladores de políticas (Stringer, et al., 2013).

O SLM representa uma ampla gama de tecnologias e práticas agronômicas, vegetativas, de manejo e estruturais em terras agrícolas e (semi) naturais, com base nos princípios fundamentais de manutenção e melhoria da produtividade e proteção dos recursos naturais, sendo economicamente viável e socialmente aceitável. O SLM é aplicável a

qualquer tipo de ecossistema e uso do solo, e há muitos exemplos de todo o mundo de aplicação bem-sucedida de melhores práticas de SLM por usuários da terra (Sanz, et al., 2017).

O projeto de soluções práticas de SLM depende das condições ambientais, socioeconômicas e culturais locais. Como não existem abordagens únicas para o SLM, cada contexto local requer uma avaliação das formas mais apropriadas para alcançar os múltiplos benefícios que o SLM pode oferecer. Organizações e iniciativas globais que apoiam o conhecimento e a implementação do SLM, como o Wocat, o Banco Mundial e a TerraAfrica, têm uma riqueza de informações sobre o SLM e como o SLM pode ser aplicado ou adaptado para se adequar ao contexto local (Sanz, et al., 2017). O banco de dados Wocat é um dos maiores bancos de dados globais do SLM. O banco de dados contém mais de 1.900 práticas SLM de mais de 130 países, em nove idiomas diferentes, incluindo as melhores práticas relatadas pelos países da Conferência das Nações Unidas sobre o Combate à Desertificação (UNCCD – United Nations Convention to Combat Desertification).

O relatório sobre gestão sustentável da terra pela UNCCD *Science-Policy Interface* realizou uma revisão de iniciativas, bancos de dados e literatura sobre SLM e identificou grupos de tecnologias SLM (Tabela 2-2), com potencial para evitar, reduzir ou reverter a degradação da terra e a desertificação para determinados tipos de uso da terra (Smith et al., 2014).

Tabela 2-2 - Tipologias de tecnologias SLM e seus objetivos. Fonte: Unccd, 2017.

<b>Tipologias de SLM</b>	<b>Descrição</b>	<b>Objetivos</b>
Gestão integrada da fertilidade do solo	Princípios: maximizar o uso de fontes orgânicas de fertilizantes; minimizar a perda de nutrientes; e usar judiciosamente fertilizantes inorgânicos de acordo com as necessidades e disponibilidade econômica	Melhoria da qualidade do solo; controle da erosão do solo; retenção de água e acúmulo de carbono orgânico no solo
Manejo da vegetação	Melhorar qualidade, quantidade e diversidade da vegetação e manejo de espécies invasoras	Melhoria da estrutura do solo, aumento do carbono do solo e controle da erosão do solo

Tabela 2 2 - Tipologias de tecnologias SLM e seus objetivos. Fonte: Unccd, 2017. (Continuação)

<b>Tipologias de SLM</b>	<b>Descrição</b>	<b>Objetivos</b>
Gestão da água	Gestão da água do solo, da superfície e da chuva, para utilização eficiente e proteger os recursos hídricos da poluição e da exploração excessiva. Inclui sistemas de irrigação sustentáveis, captação de água e drenagem.	Aumento da capacidade do solo de receber, reter, liberar e transmitir água, e redução da erosão do solo.
Manejo de pastagens	Avaliação da população pecuária máxima que um ecossistema pode suportar numa base sustentável (capacidade de suporte).	Prevenção da erosão e deterioração do solo e melhoria da dinâmica do carbono do solo.
Gestão de resíduos animais	Coleta, manuseio, armazenamento e utilização adequada de resíduos animais (esterco e urina), com o objetivo de reciclar o máximo possível do material coletado.	Melhoria da fertilidade e produtividade do solo e redução das perdas de nutrientes.
Manejo florestal sustentável	Manejo responsável de florestas para aumentar de forma sustentável os benefícios derivados de ecossistemas florestais.	Benefícios sócio-econômicos. Aumento da biodiversidade e conservação do solo e da água.
Redução do desmatamento	Prevenção ou redução da remoção ou desmatamento de florestas, ou a conversão de terras florestais em terras não florestais.	Proteção da qualidade do solo e preservação dos estoques de carbono e da biodiversidade do solo. Melhoria dos meios de subsistência e a resiliência de comunidades dependentes das florestas.
Florestamento, reflorestamento e restauração florestal	Plantio de árvores em áreas que não tinham florestas e restauração de florestas, para restabelecer a estrutura e funcionamento ecológico, biodiversidade e produtividade.	Aumento de biomassa acima e abaixo do solo; aumento da biodiversidade; controle da erosão do solo e conservação do solo e da água; aumento da produtividade florestal; benefícios socioeconômicos.

Tabela 2 2 - Tipologias de tecnologias SLM e seus objetivos. Fonte: Unccd, 2017. (Continuação)

<b>Tipologias de SLM</b>	<b>Descrição</b>	<b>Objetivos</b>
Agrossilvipecuária	Integração de árvores com culturas e / ou animais dentro da mesma unidade terrestre. As árvores podem desempenhar serviços (como quebra-ventos) ou até mesmo fornecer produtos comerciais.	Controle da erosão do solo; melhoria da produtividade e da estrutura do solo; melhoria da retenção de água; redução das perdas de nutrientes e água; conservação da fertilidade e do funcionamento do solo, e benefícios socioeconômicos.
Perturbação mínima do solo	Redução do nível de manipulação do solo. Inclui o plantio direto, o plantio direto mínimo, o preparo do solo, o preparo em contorno, e também a prática de semeadura direta.	Manutenção ou aumento da fertilidade / qualidade do solo, redução da erosão e compactação do solo, melhoria da disponibilidade e retenção de água.
Controle da erosão do solo	Prevenção ou controle da erosão eólica ou hídrica que leva ao descolamento, transporte e redeposição de partículas do solo e à perda da fertilidade do solo. Engloba: (i) medidas estruturais, como barreiras e paredes de pedra; (ii) medidas vegetativas, como quebra-ventos e coberturas vivas, e (iii) medidas combinadas ou integradas, como a estabilização das margens dos rios.	Controle da erosão do solo; melhoria de rendimento / produtividade e disponibilidade e retenção de água. Medidas vegetativas podem aumentar o carbono orgânico do solo e a biodiversidade vegetal e do solo.
Controle de incêndios, pragas e doenças	Medidas que gerenciam, previnem ou controlam incêndios, pragas e doenças, com o objetivo de reduzir seus efeitos negativos sobre a terra, a vegetação e os ecossistemas.	Redução de doenças, perdas de culturas / vegetação e a disseminação de surtos, preservando a biodiversidade. Redução da degradação florestal e preservação da biodiversidade.

### **2.2.2 PARTICIPATIVIDADE PARA A GESTÃO SUSTENTÁVEL DA TERRA**

Suposições de especialistas predominantes sobre a relação entre os usuários da terra e a saúde do ecossistema, que são baseados em narrativas simplistas e unidirecionais de sobre-cultivo e degradação, justificaram por muito tempo uma abordagem "ecológico-intervencionista" (Forsyth, 2003). No entanto, essas estratégias falharam sistematicamente em proporcionar melhorias à condição ambiental e à subsistência das pessoas que dependem dela (Laris, 2002).

Tem sido cada vez mais reconhecido que a gestão de terras secas deve ser contextualizada dentro da história social e política do sistema e apoiar as estratégias adaptativas e os meios de subsistência dos interessados (Folke et al., 2009). Para Barrera-Bassols & Zinck (2000), o conhecimento que as pessoas têm sobre o solo e seu manejo constitui um complexo sistema de sabedoria, com princípios e categorias universais similares ou complementares àqueles utilizados pela moderna ciência do solo.

A etnoedafologia é uma disciplina híbrida alimentada pelas ciências naturais e sociais, que inclui os sistemas de conhecimento da terra que as populações rurais têm, do mais tradicional ao mais moderno. Recentemente, numa abordagem mais integrada, reconhece-se a importância do contexto cultural na gestão local sustentável da terra (Acuña, et al., 2015).

Assim, os métodos participativos têm se tornado cada vez mais difundidos em uma série de diferentes contextos de gestão ambiental, incluindo o gerenciamento da degradação da terra (por exemplo, Zimmerer, 1993; Biot et al., 1995; Daniels & Walker, 1996; Breuer et al., 2008; Lacy, 2011; Bucagu et al., 2013; König et al., 2012).

Apesar das publicações que enfatizam a importância de pesquisadores e partes interessadas trabalharem juntas, existe uma suposição amplamente difundida entre a comunidade acadêmica de convencer as pessoas a administrar a terra de forma mais sustentável (por exemplo, Segan et al., 2011; Sutherland et al., 2004). Tais perspectivas são frequentemente baseadas em uma visão reducionista de como o conhecimento é gerado (Stringer & Dougill, 2013).



Tal caminho de desenvolvimento pode dificultar bastante a transferência de tecnologia e a ampliação dessas ações, particularmente porque o conhecimento tradicional local frequentemente tem menos peso nas decisões políticas do que o conhecimento científico (Stringer & Reed, 2007).

A despeito do esforço que é empreendido por parte de diversas instituições para uma maior implementação de tecnologias SLM, frequentemente têm sido relatadas baixas taxas de adoção em áreas rurais que enfrentam degradação de terras ao redor do mundo (por exemplo, Tucker & Napier, 2002; Bekele & Drake, 2003; Tenge, et al., 2007). Fleskens, et al. (2013) constataram que a baixa adoção de medidas de SLM frequentemente se deve a falhas dos projetos em reconhecer os interesses dos administradores de terras e a dimensão socioeconômica.

Assim, na melhor das hipóteses, o paradigma da transferência unidirecional de tecnologia pode ser uma abordagem ineficiente para disseminar o conhecimento de novas tecnologias de gestão sustentável da terra (SLM). Na pior das hipóteses, pode levar ao desenvolvimento de tecnologias que não são adaptadas ao contexto local, levando a baixas taxas de adoção e / ou consequências não intencionais (Reed, et al., 2008).

Além disso, as condições locais podem não ser representativas daquelas da região mais ampla. Mesmo quando uma tecnologia SLM é teoricamente aplicável em uma ampla área espacial, a probabilidade de proprietários e gerentes de terra adotarem depende de uma infinidade de outros fatores (Stringer, et al., 2013) como, por exemplo, o custo de introduzir ou manter a tecnologia; disponibilidade de mão de obra para implementá-lo; tradições locais e fatores culturais; ou desafios logísticos, como a distância aos mercados (Cramb, et al., 1999).

Na prática, quando descobertas científicas desafiam crenças profundamente nutridas ou imperativos econômicos, elas são frequentemente contestadas ou simplesmente ignoradas. A realidade é que a evidência científica é apenas uma linha de argumentação entre muitas, disputando a atenção dos tomadores de decisão e dos administradores de terras. Não importa o quanto uma tecnologia SLM tenha provado efetivamente prevenir ou reverter a degradação da terra, se ela desafia as normas culturais ou não é lucrativa, ou muito arriscada, é improvável que seja adotada pelos administradores de terras (Stringer, et al., 2013).

Isso não quer dizer que o conhecimento científico não possa contribuir para o desenvolvimento e adoção de tecnologias SLM. A ciência pode fornecer certos tipos de informação que são difíceis de capturar apenas através do conhecimento tradicional local. Ao elucidar os processos pelos quais a degradação da terra e os sistemas SLM operam, evidências científicas podem identificar potenciais retornos do sistema e consequências imprevistas que podem ser importantes para informar a tomada de decisão (Reed, et al., 2011). No entanto, para fazer uma contribuição efetiva, generalizações científicas descontextualizadas devem receber o contexto local (Reed, et al., 2011; Prager, et al., 2011); descobertas científicas devem ser colocadas lado a lado com o conhecimento tradicional local e escutadas com igual rigor; e o conhecimento de todos os tipos de especialistas deve ser reconhecido e considerado, seja formalmente codificado ou não (Raymond, et al., 2010).

Nesse contexto local, as evidências científicas podem ser questionadas e talvez rejeitadas em favor de formas alternativas menos sustentáveis de gestão da terra que sejam mais lucrativas ou culturalmente aceitáveis. Mas quando tais decisões são tomadas à luz de evidências científicas contrárias, elas são pelo menos decisões informadas, tomadas com o conhecimento de que podem ter consequências ambientais negativas. A evidência científica torna-se apenas uma das muitas entradas de informação para o que sempre será um processo de tomada de decisão altamente complexo e subjetivo. Isso é ilustrado pelos achados de que, em vários locais de estudo, as tecnologias SLM consideradas eficazes e economicamente viáveis, baseadas em avaliações científicas, não foram priorizadas pelas partes interessadas porque foram consideradas muito complicadas, muito arriscadas ou porque medidas alternativas foram consideradas mais apropriadas (Stringer, et al., 2013).

Alguns pesquisadores se sentem desconfortáveis com esse modelo de "evidência informada", favorecendo, ao contrário, uma abordagem mais "de cima para baixo" e "baseada em evidências" (Segan, et al., 2011). No entanto, a história mostrou que esse tipo de abordagem para SLM geralmente não são implementadas e podem até exacerbar conflitos entre comunidades locais, que podem precisar priorizar necessidades de curto prazo e cujos sistemas de crenças tradicionais são baseados em visões mais utilitárias da natureza, versus aqueles que procuram impor sistemas de crença mais modernos baseados no uso sustentável de recursos naturais para resultados ambientais de longo prazo (Redpath, et al., 2013). Para buscar uma abordagem "informada por evidências" do SLM, os pesquisadores devem

aprender a trabalhar lado a lado com os sistemas de conhecimento tradicionais locais e estar preparados para apresentar esse conhecimento juntamente com suas próprias descobertas e outras pesquisas (mesmo que sejam contraditórias) (Stringer, et al., 2013).

De acordo com o resumo da Política Científica sobre SLM para Clima e Pessoas, (Unccd, 2017), para desencadear a adoção em grande escala de SLM as barreiras à adoção precisam ser abordadas e benefícios tangíveis para os usuários da terra devem ser oferecidos. O documento argumenta que os usuários e gestores da terra estão mais propensos a adotar tecnologias e práticas SLM se estiverem convencidos de que mantêm ou aumentam a produção e a segurança alimentar e se houverem benefícios econômicos ou outros incentivos diretos que garantam ou melhorem seus meios de subsistência e bem-estar. Além disso, a tomada de decisões sobre a seleção de soluções SLM eficazes deve ser participativa, de modo que o compartilhamento de conhecimento e discussões entre usuários da terra, formuladores de políticas em diferentes níveis de tomada de decisão e outras partes interessadas ocorram em todas as etapas da implementação de SLM.

### **2.3 MONITORAMENTO AMBIENTAL PARTICIPATIVO**

Para integrar os usos da terra com a preservação do ecossistema visando a evitar a degradação da terra e restaurar áreas degradadas faz-se necessária a identificação de estratégias de gestão sustentável da terra tanto na propriedade como na paisagem. Quando o nível de degradação da terra e a provisão de serviços ecossistêmicos é avaliado, o próximo passo é identificar uma abordagem diferente, um caminho de gestão sustentável da terra. Para garantir que essa abordagem seja de fato sustentável, pode ser útil avaliar seus efeitos por meio do monitoramento. Existe uma infinidade de estudos sobre a avaliação das tecnologias de remediação de degradação da terra (por exemplo, Hengsdijk et al. 2005; Abu Hammad & Borresen 2006; Fleskens et al., 2007; Balana et al., 2012).

Ao avançar para uma avaliação socioecológica das terras secas, os métodos de avaliação e monitoramento mudaram de um foco único nas funções de apoio do ecossistema (formação do solo, conservação de água subterrânea) para o reconhecimento de que a perda de serviços de provisão pode igualmente constituir degradação da terra (por exemplo a perda de produtividade vegetativa em agro-ecossistemas) (Reynolds et al., 2007).

Ademais, a produtividade de um sistema de terras secas é cada vez mais definida não como simples quantidades de alimentos e fibras, mas como uma contribuição para o bem-estar e oportunidades das partes interessadas no sistema (Costanza et al., 2013). Como tal, o valor que as partes interessadas atribuem à produção passou a representar um indicador informativo da saúde do sistema de terras secas (Safriel e Adeel, 2005).

Consequentemente, as abordagens para monitorar esses indicadores de degradação da terra seca não são mais monopolizadas pelos métodos dos ecologistas. O conhecimento dos usuários locais da terra e sua experiência de mudança e variabilidade na capacidade produtiva da terra são amplamente reconhecidos como uma valiosa fonte de informações sobre o estado do sistema, e múltiplas disciplinas acadêmicas, de economistas a ecologistas políticos, estão contribuindo cada vez mais para a tarefa de avaliação de terras secas (Danielsen, et al., 2010).

O monitoramento participativo envolve usuários e outras pessoas que apresentam relações diretas com o ambiente e seus recursos, acumulando conhecimento empírico dos fenômenos e componentes naturais daquele local ao longo da vida e por gerações (Berkes, 1999).

Existem diferenças entre os programas de monitoramento defendidos pelos cientistas e o que os agricultores fazem na prática. Protocolos complexos de pesquisa são realizados para entender, a longo prazo, os processos do sistema ecológico e comparar os resultados com situações semelhantes em outros lugares. Esses protocolos geralmente dependem muito de dados quantitativos e produtos, não considerando as perspectivas qualitativas e o conhecimento do usuário da terra que é diretamente afetado pelas mudanças dos recursos naturais. Muitos dos indicadores usados durante a pesquisa são frequentemente complexos e não podem ser usados por usuários locais da terra (Ridley, et al., 2003, Reed, et al., 2008).

Embora gerentes de terras e formuladores de políticas precisem de conhecimento e informações relevantes do monitoramento para influenciar e tomar decisões administrativas apropriadas (Bosch, et al., 1997), os métodos de monitoramento e avaliação raramente integram diferentes componentes da degradação da terra e as comunidades locais raramente participam ou obtêm resultados que possam melhorar a sustentabilidade de suas opções de manejo (Reed, 2005).

A maior parte da literatura sobre métodos de monitoramento de recursos naturais cobre uma abordagem orientada externamente, na qual pesquisadores profissionais de fora da área de estudo estabelecem, executam e analisam os resultados de um programa de monitoramento financiado por uma agência remota (por exemplo, Goldsmith, 1991). Essa abordagem tem sido criticada por ser cara de sustentar ao longo do tempo e depender de habilidades que não são endêmicas (Sheil, 2001).

Os cientistas estão mais interessados nos impactos de indicadores específicos no curto prazo, uma vez que muitos projetos financiados por doadores ou instituições governamentais são realizados em períodos mais curtos, aplicáveis a questões específicas (Wilmsen, et al., 2008). Os dados derivados dos métodos científicos são frequentemente utilizados no desenvolvimento de teorias para treinamento e apresentações e na compilação de artigos científicos e publicações.

Reed & Dougill (2009) interpretam as abordagens lideradas por especialistas para avaliação da degradação da terra sem replicabilidade e objetividade, e não fornecem as informações necessárias para os formuladores de políticas ou usuários da terra implementarem as decisões corretas adaptadas para o contexto local em relação à degradação da terra. Os cientistas muitas vezes tentam pressionar os agricultores sobre quais técnicas de monitoramento usar, mesmo que eles não sejam adequados para seu ambiente e circunstâncias específicos (Friedel, et al., 2004). Ademais, segundo Webber & Ison (1995), quando o conhecimento é adquirido através da aprendizagem experiencial de pesquisadores, embalados e transferidos para o agricultor, perde-se a oportunidade de o agricultor formular suas próprias perguntas, explorar, aprender e obter entendimento em termos de sua própria visão de mundo.

Por outro lado, os usuários da terra podem monitorar uma série de indicadores que se relacionam diretamente com suas decisões administrativas (Pannell, 2003). Esses indicadores geralmente não são registrados e dependem apenas da experiência e do conhecimento herdado e transferido de gerações anteriores (Bosch, et al., 1996). Eles pretendem fornecer informações sobre a condição e as tendências de mudanças para resolver problemas aplicáveis a situações específicas. Embora pareçam simples e fáceis de usar, os indicadores dos usuários da terra e as abordagens de monitoramento muitas vezes não são

totalmente aceitos pelos cientistas, pois os dados e os resultados obtidos não estão de acordo com certos padrões e são verificados por métodos estatísticos (Kellner & Moussa, 2009).

Em muitas áreas, particularmente no mundo em desenvolvimento, o papel do governo em influenciar o uso da terra é mínimo e os tomadores de decisão da aldeia são na prática os gerentes diários dos recursos naturais e tomam a maior parte das decisões administrativas (Getz, et al., 1999). O monitoramento executado por cientistas tem pouco impacto a esta escala. Em vez disso, os esquemas de monitoramento que informam a tomada de decisão e a utilização de recursos da aldeia são aqueles que envolvem as pessoas na coleta participativa, análise e interpretação dos dados ambientais (Danielsen, et al., 2010).

Para que um sistema de monitoramento seja amplamente aplicado e aceito, ele deve fornecer dados significativos que possam ser amostrados com relativa rapidez, sejam ecologicamente válidos e possam ser facilmente aprendidos e usados por diferentes interessados (Kellner & Moussa, 2009). Ademais, vincular o monitoramento às decisões das pessoas locais pode ajudar a tornar o monitoramento mais relevante localmente e, portanto, sustentável (Danielsen, et al., 2005). Métodos científicos, por si só, não podem atender a todos esses requisitos, nem o conhecimento local apenas.

O envolvimento das partes interessadas no processo de avaliação pode ocorrer na aplicação do monitoramento, mas também no estabelecimento dos procedimentos de avaliação, desde a definição do conceito de sustentabilidade, dos objetivos, tipos de avaliação e representação do sistema, seleção de indicadores e respectivos métodos de mensuração até a avaliação propriamente dita (Binder, et al., 2010).

Considerando o envolvimento das partes interessadas no estabelecimento dos procedimentos de avaliação, identificam-se duas abordagens: “de cima para baixo” (orientado por especialistas) e “de baixo para cima” (envolvimento de diversos atores, especialmente os próprios agricultores) (Reed, et al., 2005; Sanchez & Matos, 2012). Nesse contexto, podem ser distinguidas cinco tipologias de esquemas de monitoramento determinados com base nas contribuições relativas de partes interessadas locais (membros da comunidade, voluntários ou funcionários contratados localmente, como guardas florestais) ou atores externos, como pesquisadores profissionais (Mace & Baillie 2007; Danielsen, et al., 2009): (i) monitoramento orientado profissionalmente externamente; (ii)

monitoramento orientado externamente com coletores de dados locais; (iii) monitoramento colaborativo com interpretação externa de dados; (iv) monitoramento colaborativo com interpretação local de dados; e (v) monitoramento local autônomo.

O monitoramento orientado profissionalmente externamente não envolve partes interessadas locais. O desenho do esquema, a análise dos resultados e as decisões de gestão derivadas dessas análises são todos realizados por cientistas profissionais financiados por agências externas. Muitos esquemas de monitoramento existentes, particularmente aqueles organizados por agências governamentais ou esquemas globais financiados por organizações internacionais, se enquadram nessa categoria (Danielsen, et al., 2009).

O monitoramento orientado externamente com coletores de dados locais envolve as partes interessadas locais apenas na coleta de dados. O projeto, a análise e a interpretação dos resultados do monitoramento são realizados por pesquisadores profissionais, geralmente longe do local. Nos países desenvolvidos, isso tem sido facilitado por programas de cientistas, nos quais cientistas profissionais desenvolvem uma rede coordenada de voluntários, muitos dos quais podem não ter formação científica específica, que realizam tarefas relacionadas à pesquisa, como observação, medição ou computação (Danielsen, et al., 2009).

O monitoramento colaborativo com interpretação externa de dados envolve pessoas locais em coleta de dados e tomada de decisão orientada ao gerenciamento, mas o projeto do esquema e a análise de dados são realizados por cientistas externos. As pessoas locais podem ser pagas pelo seu tempo ou contribuir com seu tempo livremente. Como a análise dos dados não é realizada pela população local, ela pode não incorporar as perspectivas dos interessados locais (Danielsen, et al., 2009).

Os esquemas de monitoramento colaborativo com interpretação local de dados envolvem partes interessadas locais na coleta de dados, interpretação ou análise, e tomada de decisões gerenciais, embora os cientistas externos possam fornecer aconselhamento e treinamento. Os dados originais coletados pelas pessoas locais permanecem na área sendo monitorada, o que ajuda a criar a apropriação local do esquema e seus resultados, mas cópias dos dados podem ser enviadas a pesquisadores profissionais para análises em profundidade ou em escala maior. São exemplos dessa categoria os esquemas de monitoramento baseados

na comunidade que operam em áreas protegidas ou em áreas gerenciadas pela comunidade (Danielsen, et al., 2009).

No monitoramento local autônomo, todo o processo de monitoramento – do projeto à coleta de dados, à análise e, finalmente, ao uso de dados para decisões de gerenciamento – é realizado de forma autônoma por partes interessadas locais. Não há envolvimento direto externo, exceto possivelmente para ajudar a defender a relevância continuada de tais esquemas (Danielsen, et al., 2009).

### **2.3.1 MONITORAMENTO BASEADO NA COMUNIDADE: UM EXEMPLO DE CIÊNCIA CIDADÃ**

Ciência cidadã é um processo em que o público participa voluntariamente do processo científico, abordando problemas do mundo real de maneiras que podem incluir formular perguntas de pesquisa, conduzir experimentos científicos, coletar e analisar dados, interpretar resultados, fazer novas descobertas, desenvolvimento de tecnologias e aplicações e solução de problemas complexos (Holdren, 2015). Pode ser definida também como "trabalho científico" realizado por membros do público em geral, muitas vezes em colaboração ou sob a direção de cientistas profissionais e instituições científicas (Kruger & Shannon, 2000). Está frequentemente ligada a atividades de divulgação, educação científica ou várias formas de envolvimento público com a ciência (European Commission, 2016).

O foco da ciência cidadã recente não é o tradicional “cientistas usando cidadãos como coletores de dados”, mas sim “cidadãos como cientistas”, existindo tanto valores internos (contribuições do processo participativo à aprendizagem pessoal e desenvolvimento e relacionamento com a natureza) quanto valores externos obtidos (utilidade pública de dados para fins de tomada de decisão) (Lakshminarayanan, 2007).

O monitoramento é uma ferramenta importante na ciência cidadã, pois informa quando o sistema está saindo do estado desejado, mede o sucesso das ações de gerenciamento e detecta os efeitos de perturbações e distúrbios (Legg & Nagy, 2006). A ciência cidadã também tem sido chamada de ciência da comunidade (Carr, 2004) e pode incluir o monitoramento baseado na comunidade (CBM - Community Based Monitoring), um processo no qual cidadãos interessados, agências governamentais, indústria, academia,



grupos comunitários e instituições locais colaboram para monitorar, rastrear e responder a questões de preocupação comunitária ambiental comum (Whitelaw, et al., 2003) e a gestão baseada na comunidade, onde cidadãos e partes interessadas são incluídos na gestão de recursos naturais e bacias hidrográficas (Keough & Blahna, 2006).

Abordagens CBM envolvem pessoas locais diretamente na coleta de dados e / ou interpretação de dados para monitoramento ambiental usando métodos relativamente simples (Torres, et al., 2014). Esquemas CBM foram implementados em diversos países para monitorar diferentes atributos ambientais, como biodiversidade e vida selvagem, serviços hidrológicos e carbono nas florestas. De fato, existem mais de 1200 aplicações de abordagens participativas para o desenvolvimento e questões ambientais relatadas na literatura (McCall, 2012).

Os grupos CBM que são governados no modelo de baixo para cima (também chamados de grupos transformadores, comunitários, de base ou de defesa) são muitas vezes nascidos da crise. O grupo se concentra em uma questão com a esperança de iniciar a ação do governo (Conrad & Daoust, 2008). Este tipo de grupo CBM geralmente se concentra em questões locais específicas e, às vezes, não tem apoio do setor privado ou do governo (Whitelaw, et al., 2003). Iniciação, organização, liderança e financiamento do grupo CBM são fornecidos pela comunidade local (Mullen & Allison, 1999). Dessa forma, se o monitoramento for localmente relevante, pode ser mais sustentável, já que a avaliação dos benefícios locais promoverá a participação.

Alguns pesquisadores acreditam que, transferindo a autoridade sobre a tomada de decisão para os mais afetados por ela (o público), serão tomadas decisões de gestão melhores e mais sustentáveis, no entanto, muitos fracassos desse modelo também são mencionados, incluindo falta de sucesso devido à baixa credibilidade e capacidade da organização (Bradshaw 2003). Outros sugerem que grupos de CBM de baixo para cima tendem a não obter sucesso em um nível mais organizacional, talvez devido ao monitoramento de questões sem legislação ou apoio político (Conrad & Daoust, 2008).

Existem diversos argumentos a favor do monitoramento ambiental baseado na comunidade. O processo de monitoramento e registro de dados fortalece a capacidade ambiental, social e institucional local (Knowles, et al., 2010). As comunidades que

monitoram, gerenciam melhor. Em escalas de gestão mais operacionais, localmente e envolvendo pessoas que enfrentam as consequências diárias das mudanças ambientais, o monitoramento implementado pelos cientistas geralmente tem pouco impacto. Nessas escalas, é mais benéfico envolver os gerentes de recursos locais diretamente no trabalho de monitoramento; isso permite que eles avaliem tendências em recursos de valor para eles e facilita uma resposta rápida em termos de decisões que afetam diretamente as tendências ambientais em escala local (Skutsch, et al., 2013). Esta hipótese é apoiada por uma variedade de estudos de campo (Gibson, et al., 2005; Palmer Fry, 2011).

Ademais, envolver as partes interessadas no monitoramento local aumentará as respostas do gerenciamento e aumentará a velocidade da tomada de decisões para lidar com as atuais tendências ambientais negativas nos níveis operacionais de gerenciamento de recursos naturais. Quanto maior o envolvimento da população local nas atividades de monitoramento, menor o tempo que leva entre a coleta de dados e a tomada de decisão após o monitoramento (Danielsen, et al., 2010).

A ciência cidadã tem sido reconhecida em muitos estudos como uma forma de incluir as partes interessadas e o público em geral no planejamento e gestão dos ecossistemas locais (Pollock & Whitelaw 2005). Os cidadãos em comunidades com CBM tendem a ser mais engajados em questões locais, participam mais no desenvolvimento da comunidade e têm mais influência sobre os formuladores de políticas (Whitelaw, et al., 2003; Pollock & Whitelaw 2005; Lynam, et al., 2007). Além disso, a CBM demonstrou encorajar comunidades mais sustentáveis (Whitelaw, et al., 2003). Há evidências de que o sucesso econômico e ambiental de longo prazo ocorre quando as ideias e o conhecimento das pessoas são valorizados, e o poder é dado a eles para tomar decisões independentemente de instituições externas (Pretty, et al., 1995).

No contexto das terras secas, o isolamento e a marginalização dos usuários locais da terra em grandes áreas de sistemas de subsistência é tal que sua participação na gestão e avaliação ambiental pode ser limitada não apenas por barreiras institucionais e processuais, mas também por geografia, cultura, idioma e recursos. (Whitfield & Reed, 2012). Assim, facilitar a participação dessas partes interessadas não só permite a utilização de conhecimentos e experiências ambientais locais, mas também proporciona oportunidades para a aprendizagem (Pretty, 1995) e o empoderamento social (Chambers, 1997).

Muitos benefícios para a sociedade, cientistas cidadãos e ecossistemas locais foram atribuídos à CBM. Isso inclui o aumento da democracia ambiental, a alfabetização científica, o capital social, a inclusão dos cidadãos em questões locais, os benefícios para o governo e os benefícios para os ecossistemas que estão sendo monitorados (Conrad & Hilchey, 2011). A democratização do meio ambiente é um conceito relativamente novo, baseado em tornar a ciência e a perícia ambiental mais acessíveis ao público, além de conscientizar os cientistas sobre o conhecimento e a expertise locais (Carolan, 2006). O CBM pode ajudar a democratizar a ciência por meio do compartilhamento de informações entre cientistas e não-cientistas. Isso se relaciona com o movimento crescente de buscar pesquisas de “ecologia pública”; onde a pesquisa em biologia da conservação inclui tópicos mais multidisciplinares com o propósito de influenciar a legislação (Robertson & Hull, 2001). Alguns autores chegam ao ponto de afirmar que é “inapropriado deixar ciência (ambiental) apenas para instituições, e que a ciência da comunidade é necessária” (Carr, 2004).

O CBM desempenha um importante papel educacional nas comunidades. Ao participar ativamente de projetos científicos, os membros da comunidade aumentam sua alfabetização científica (Conrad & Hilchey, 2011). Isso pode assumir a forma de aumentar o conhecimento de processos científicos ou por uma maior compreensão de seu papel no ambiente local (Evans, et al., 2005). Essa “educação ambiental” pode ser fomentada por meio de atividades voluntárias do CBM; ou em um sentido mais tradicional, onde os alunos das escolas locais são incluídos no CBM para complementar seus estudos (Au, et al., 2000; Nali & Lorenzini 2007). O envolvimento de usuários de recursos naturais favorece o cumprimento e o entendimento das estratégias de manejo (Berkes, et al., 1994), e pode ainda servir como ferramenta para incentivar a reflexão deste grupo de atores sobre os efeitos de suas ações em determinado ambiente (Pereira, et al., 2013). Mesmo em sistemas de monitoramento liderados por cientistas o envolvimento de membros da comunidade como funcionários remunerados pode ajudar a desenvolver uma mudança de atitude em relação à gestão ambientalmente sustentável de recursos naturais entre os participantes locais (Gardner, 2010).

Estudos de ciência política mostraram que a oportunidade e a responsabilidade de se engajar com uma perspectiva alternativa encorajam os indivíduos a agir como cidadãos menos propensos a agir estrategicamente para seu próprio fim individual (Pellizzoni, 2001).

Como tal, uma abordagem de avaliação deliberativa oferece potencialmente uma oportunidade para os participantes serem mais sensíveis aos valores de serviço ecossistêmico das gerações futuras, especialmente se for possível criar oportunidades e liberdades futuras dentro do processo (Whitfield & Reed, 2012). Alguns exemplos mostraram que os valores ambientais das partes interessadas podem ser alterados como resultado do aprendizado através da deliberação (Robinson, et al., 2008). O monitoramento participativo pode criar espaços de discussão entre comunidades locais e gestores sobre práticas locais e preservação dos modos de vida e cultura local (Graham, et al., 2006).

## **2.4 SELEÇÃO DE INDICADORES AMBIENTAIS**

O monitoramento é a etapa de gestão que permite avaliar a eficácia das estratégias implementadas e os possíveis ajustes a serem realizados e deve acontecer periodicamente (Danielsen et al., 2005). O progresso em direção aos objetivos pode ser medido, o resultado avaliado e as mudanças feitas, se necessário, num processo de aprendizagem pela prática (Graham et al., 2006).

Indicadores são medidas, de ordem quantitativa ou qualitativa, dotadas de significado particular e utilizadas para organizar e captar as informações relevantes dos elementos que compõem o objeto do monitoramento (Ferreira, et al., 2007). Um indicador procura que informações complexas possam ser transmitidas de forma padronizada, simples e útil para públicos alvo (Ramos, 2009).

Os indicadores de sustentabilidade têm a capacidade de envolver uma ampla gama de partes interessadas para fornecer informações interdisciplinares para identificar tendências de degradação (Reed, 2005) e tomar ações corretivas (Nachtergale & Licona-Manzur, 2008). Eles podem ir além da simples medição do progresso de certas intervenções, podendo melhorar a compreensão geral dos problemas ambientais e sociais, facilitar o empoderamento da comunidade e ajudar a orientar as decisões políticas e o desenvolvimento da comunidade.

Dentre outros benefícios, indicadores de sustentabilidade podem melhorar e/ou simplificar a comunicação entre as várias partes interessadas, pois constituem elementos de fácil interpretação, levando a uma maior disseminação da informação; e instrumentalizar a

etapa de monitoramento, que se destina a acompanhar e avaliar a consolidação de projetos, programas ou políticas (Garfi et al., 2011).

Na prática atual, os indicadores são frequentemente selecionados com base em práticas e regulamentações históricas ou com base na “avaliação intuitiva de especialistas” (Bossel, 2001) e no grau em que eles atendem a vários critérios individualmente. Contudo, os desafios enfrentados na seleção e desenho dos indicadores levaram à procura e ao desenvolvimento de abordagens que permitissem fundamentar essa avaliação, incluindo as etapas de seleção, desenho e interpretação de indicadores, assim como a organização dos dados e a comunicação dos resultados finais (Sanchez & Matos, 2012). Assim, especialmente em situações onde toda a gama de forças motrizes e pressões para impactos ambientais precisa ser coberta, estruturas conceituais como as cadeias causais podem desempenhar um papel importante no processo de seleção de indicadores e no desenvolvimento de conjuntos de indicadores consistentes (Niemeijer & Groot, 2008).

Relatórios ambientais baseados em indicadores, como EEA (1999), OECD (1998) e Wascher (2000), tipicamente fazem uso de cadeias causais apenas para apresentar indicadores, não como uma parte formal do processo de seleção de indicadores. Assim, os indicadores são selecionados principalmente com base em critérios aplicados individualmente, não em como eles estão inter-relacionados por meio de causalidade. Nesse sentido, Swart et al. (1995) argumentam que é importante distinguir entre critérios que se aplicam a indicadores como um conjunto e aqueles que se aplicam a indicadores individuais. Niemeijer & Groot (2008) relacionaram os principais critérios usados para a seleção de indicadores individuais (Tabela 2-3).

Tabela 2-3 - Critérios utilizados para seleção de indicadores. Retirado de Niemeijer & Groot (2008) com base em Schomaker (1997), OECD (2001), NRC (2000), Riley (2000), Dale and Beyeler (2001), CBD (1999), Pannell and Glenn (2000), Kurtz et al. (2001), EEA (2005a).

<b>Critério</b>	<b>Descrição / explicação</b>
<b>Solidez analítica</b>	Forte base científica e conceitual
<b>Credibilidade</b>	Credibilidade científica
<b>Integrativo</b>	O conjunto completo de indicadores deve cobrir aspectos / componentes / gradientes chave

Tabela 2 3 - Critérios utilizados para seleção de indicadores. Retirado de Niemeijer & Groot (2008) com base em Schomaker (1997), OECD (2001), NRC (2000), Riley (2000), Dale and Beyeler (2001), CBD (1999), Pannell and Glenn (2000), Kurtz et al. (2001), EEA (2005a) (Continuação).

<b>Critério</b>	<b>Descrição / explicação</b>
<b>Importância geral</b>	Suportar um processo fundamental ou uma mudança generalizada
<b>Dimensão histórica</b>	
<b>Registro histórico</b>	Existência de registro histórico de dados comparativos
<b>Confiabilidade</b>	Histórico comprovado
<b>Antecipatório</b>	Sinaliza uma mudança iminente nas principais características do sistema
<b>Previsível</b>	Responda de maneira previsível a mudanças e estresses
<b>Robustez</b>	Seja relativamente insensível a fontes esperadas de interferência
<b>Sensível a tensões</b>	Sensível a tensões no sistema
<b>Espacial</b>	Sensível a mudanças no espaço
<b>Temporal</b>	Sensível a mudanças dentro de prazos de políticas
<b>Incerteza sobre o nível</b>	Alta incerteza sobre o nível do indicador significa que podemos ganhar algo ao estudá-lo
<b>Mensurabilidade</b>	Mensurável em termos qualitativos ou quantitativos
<b>Replicabilidade</b>	Repetível e reproduzível em diferentes contextos
<b>Especificidade</b>	Definível de forma clara e inequívoca
<b>Propriedades estatísticas</b>	Possuem excelentes propriedades estatísticas que permitem uma interpretação inequívoca
<b>Universalidade</b>	Aplicável a muitas áreas, situações e escalas
<b>Custos, benefícios e custo-efetividade</b>	Os benefícios das informações fornecidas pelo indicador devem superar os custos de uso
<b>Aquisição e disponibilidade de dados</b>	Aquisição de dados gerenciável (coleta) ou boa disponibilidade de dados existentes
<b>Habilidades necessárias</b>	Não requer excessivas habilidades de coleta de dados
<b>Simplicidade operacional</b>	Simple de medir, gerenciar e analisar
<b>Necessidade de recursos</b>	Realizável em termos dos recursos disponíveis
<b>Demanda de tempo</b>	Realizável no tempo disponível
<b>Compreensível</b>	Simple e facilmente compreendido pelo público-alvo
<b>Compatibilidade internacional</b>	Ser compatível com indicadores desenvolvidos e utilizados em outras regiões
<b>Associável à dimensão social</b>	Associável à evolução socioeconómica e aos indicadores sociais
<b>Associável ao gerenciamento</b>	Conexões bem estabelecidas com práticas ou intervenções de gestão específicas
<b>Conexão aos objectivos</b>	Conexão com objectivos quantitativos ou qualitativos definidos nos documentos de política
<b>Quantificável</b>	A informação deve ser quantificada de tal forma que sua significância seja aparente

Tabela 2 3 - Critérios utilizados para seleção de indicadores. Retirado de Niemeijer & Groot (2008) com base em Schomaker (1997), OECD (2001), NRC (2000), Riley (2000), Dale and Beyeler (2001), CBD (1999), Pannell and Glenn (2000), Kurtz et al. (2001), EEA (2005a) (Continuação).

<b>Critério</b>	<b>Descrição / explicação</b>
<b>Relevância</b>	Relevância para o problema e público-alvo em questão
<b>Escalas espaciais e temporais de aplicabilidade</b>	Fornecer informações nas escalas espacial e temporal corretas
<b>Limiares</b>	Limiares que podem ser usados para determinar quando executar uma ação
<b>Orientado pelo usuário</b>	Direcionado pelo usuário para ser relevante para o público-alvo

Niemeijer & Groot (2008) propuseram uma abordagem para a seleção de conjuntos de indicadores que integra conceitos como a abordagem sistêmica, as redes causais e a estrutura DPSIR em um procedimento sistemático de seleção de indicadores que torna a inter-relação de indicadores uma parte explícita do seu processo de seleção.

Redes causais podem ser usadas como ponto de partida para responder a uma variedade de questões de pesquisa. Quanto melhor as questões ou objetivos são definidos, melhores os indicadores podem ser selecionados. Portanto, uma questão de pesquisa precisa ser definida de forma tão concreta quanto possível, pois não há conjuntos de indicadores perfeitos que sejam relevantes para todos os problemas (NCSSF, 2005). A relevância e utilidade de um indicador é largamente determinada pela questão de pesquisa a ser respondida e pela combinação de indicadores utilizados (Swart, et al., 1995).

Os tipos de dados que estão disponíveis ou podem ser coletados também precisam ser considerados. Ademais, o uso de dados é frequentemente vinculado à escala na qual o trabalho precisa ser feito. Em âmbito nacional, normalmente será necessário confiar em estatísticas e não seria possível encontrar dados detalhados ou seria caro começar a coletá-los para um país inteiro. Se, no entanto, o foco estiver em uma bacia específica, pode ser possível encontrar dados detalhados para essa bacia ou, a custos relativamente baixos, estabelecer um programa de monitoramento (Niemeijer & Groot, 2008).

### 3 METODOLOGIA

Esse capítulo apresenta a metodologia utilizada para a consecução dos objetivos do presente trabalho, resumida na Figura 3-1. Inicialmente, foi realizada uma revisão de literatura que envolveu consulta a livros, a artigos em periódicos científicos e à documentação oficial de órgão públicos, bem como visitas a web sites oficiais. A revisão de literatura enfocou os temas: (i) caracterização do semiárido brasileiro, (ii) gestão sustentável da terra, (iii) monitoramento ambiental participativo; e (iv) seleção de indicadores ambientais.

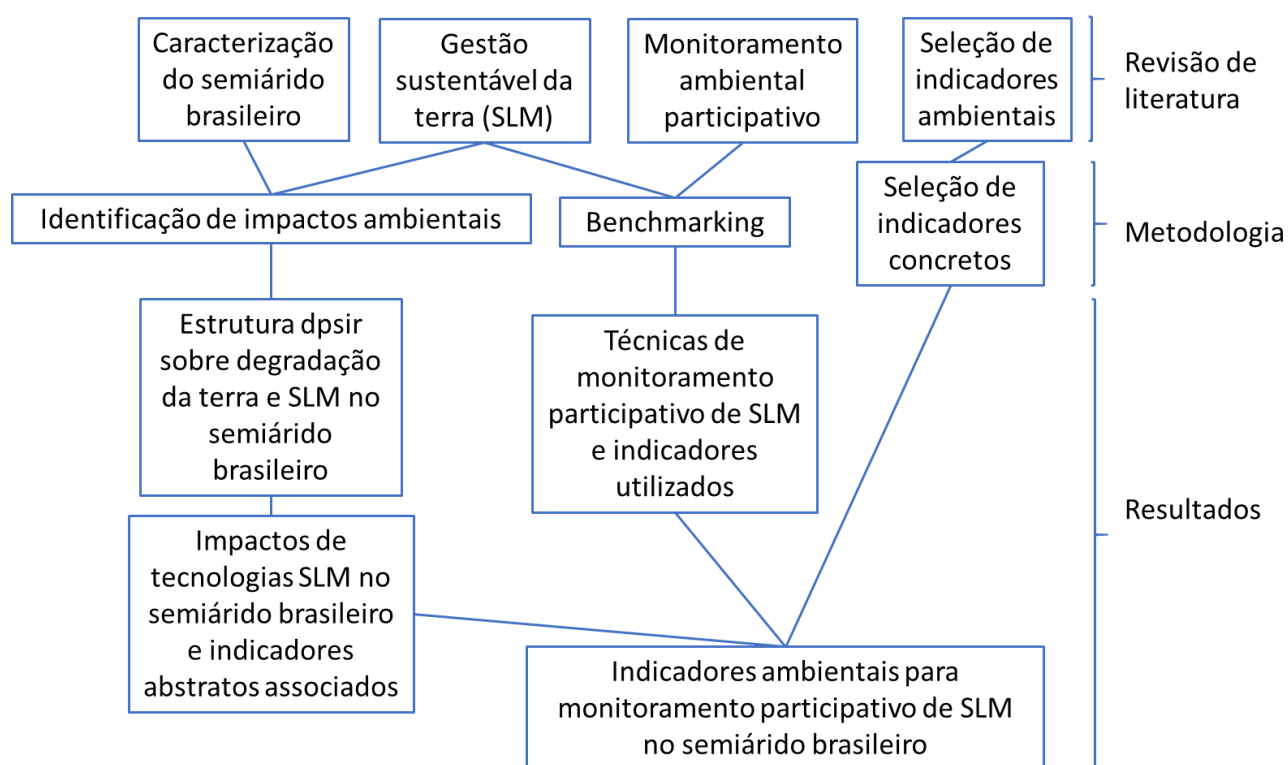


Figura 3-1 – Diagrama da metodologia utilizada para alcançar os objetivos propostos.

Após a revisão de literatura, foi utilizada uma adaptação da metodologia proposta por Niemeijer & Groot (2008) para selecionar um conjunto de indicadores visando ao monitoramento ambiental participativo da gestão sustentável da terra (Figura 3-2). Essa metodologia foi selecionada por tratar-se de um procedimento sistemático, estruturado,



robusto, rigoroso e transparente que busca aumentar a credibilidade científica do processo de seleção de um conjunto de indicadores ambientais.

Conforme a metodologia, para a seleção dos indicadores ambientais, o primeiro passo foi a elaboração de uma cadeia causal com base na estrutura DPSIR (força motriz – pressão – estado – impacto – resposta) sobre os processos de degradação e gestão sustentável da terra que ocorrem em áreas rurais do semiárido brasileiro. Utilizando o resultado desse exercício, foram identificados os potenciais impactos ambientais positivos e negativos de tecnologias de gestão sustentável da terra que vêm sendo implementadas por diversas instituições no semiárido brasileiro e os indicadores abstratos associados a esses impactos (capazes de possibilitar o seu monitoramento em teoria).

Indicadores abstratos são aqueles que, apesar de serem úteis em um nível conceitual, não são necessariamente concretos o suficiente para que se colem dados. Essa abstração é útil para a seleção de um conjunto de indicadores, pois nessa etapa ainda não há necessidade de se decidir quais indicadores são plausíveis de serem coletados em termos práticos ou econômicos, por exemplo. De fato, por meio de indicadores abstratos pode-se pensar conceitualmente, teoricamente, quais indicadores deveriam ser monitorados para responder às questões de interesse, sem se preocupar com praticidade. Os indicadores abstratos serviram de base para a posterior identificação de indicadores concretos (passíveis de serem

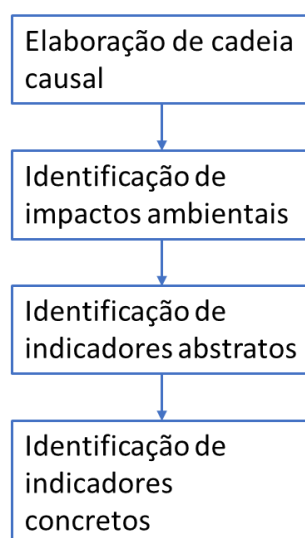


Figura 3-2 - Etapas do método adaptado de Niemeijer & Groot (2008) para seleção de um conjunto de indicadores ambientais.

medidos em campo) para o monitoramento ambiental participativo da gestão sustentável da terra em áreas rurais do semiárido brasileiro.

Paralelamente à seleção de indicadores, foi realizado um processo de *benchmarking* para a identificação das melhores práticas em monitoramento ambiental participativo da gestão sustentável da terra.

A seguir são detalhados os procedimentos metodológicos realizados.

### 3.1 IDENTIFICAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS E INDICADORES ABSTRATOS

Foi elaborada uma representação esquemática denominada força motriz – pressão – estado – impacto – resposta (DPSIR: driving force – pressure – state – impact – response) dos múltiplos fatores que influenciam a degradação e a gestão sustentável da terra no semiárido brasileiro (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**). Esse exercício baseou-

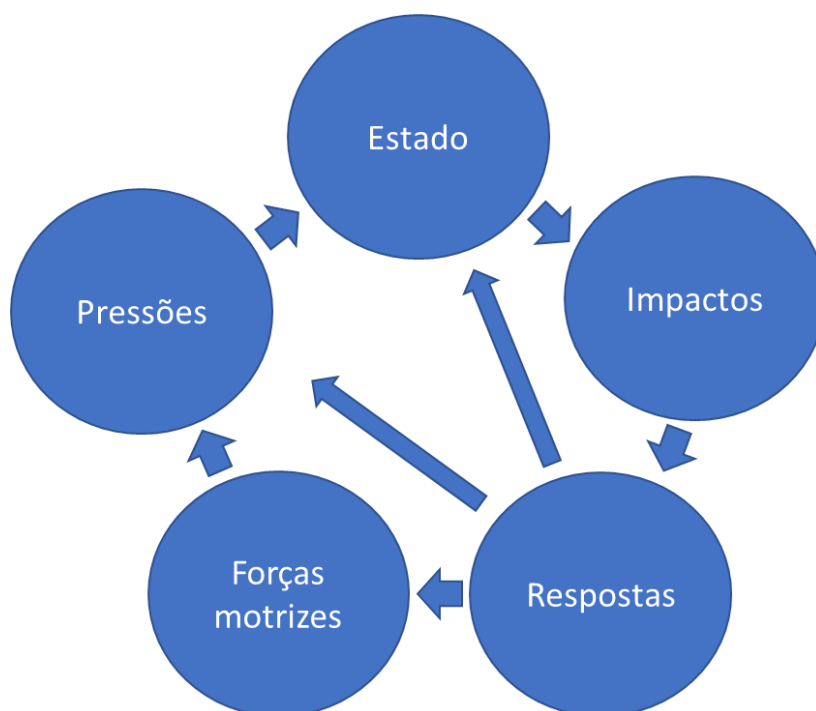


Figura 3-3 - Estrutura DPSIR utilizada em estudos multidisciplinares de indicadores ambientais. Fonte: modificado de Neimeijer & Groot (2008).

se em pesquisa em artigos científicos sobre o assunto no portal de periódicos da CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior). A estrutura DPSIR foi selecionada por ser referência em estudos multidisciplinares sobre indicadores ambientais (Hammond, et al. 1995; OECD 1998; Smeets & Weterings, 1999; EEA, 2000; Wascher, 2000; OECD, 2001; e Bridges, 2001) e também por ser parte da metodologia proposta por Niemijer e Groot (2008), utilizada no presente trabalho para a seleção de indicadores ambientais. O objetivo da elaboração da estrutura DPSIR é auxiliar a identificação e compreensão de processos ambientais e particularidades socioambientais do semiárido brasileiro que devem ser consideradas quando da seleção de indicadores ambientais.

Para a elaboração da estrutura DPSIR, foram identificadas forças motrizes, pressões ambientais, aspectos ambientais (estado), e impactos ambientais observados no semiárido brasileiro, por meio de pesquisa em referencial teórico no portal de periódicos da CAPES. Na estrutura DPSIR, atividades sociais e econômicas são consideradas forças motrizes, as quais exercem pressão sobre o meio ambiente, levando a mudanças no estado do sistema. Por sua vez, essas mudanças geram impactos ambientais que tendem a provocar respostas, como a implementação de SLM, por exemplo, as quais interferem nas forças motrizes, nas pressões e no estado de forma encadeada. Em seguida, foram relacionadas as principais tecnologias de gestão sustentável da terra (SLM) que vêm sendo implementadas no semiárido brasileiro por diversas instituições. As tecnologias SLM identificadas foram separadas por tipologias de SLM e foram relacionados os impactos socioambientais positivos esperados (ou seja, os objetivos da implementação das tecnologias SLM), bem como os potenciais impactos ambientais negativos (Figura 3-4).

Para identificação dos impactos ambientais foram utilizados como subsídios a estrutura DPSIR sobre degradação e SLM no semiárido brasileiro, bem como análise dos documentos oficiais das instituições. Os impactos ambientais negativos foram identificados primordialmente por meio de pesquisa em artigos científicos do portal de periódicos da CAPES. Ainda nessa etapa, foram identificados indicadores abstratos capazes de propiciar o monitoramento dos impactos previstos (conceitualmente). Indicadores abstratos são aqueles que são úteis a um nível teórico, mas que não necessariamente serão utilizados para o monitoramento em campo. Indicadores abstratos foram utilizados no presente trabalho como uma forma de identificar a necessidade teórica de monitoramento de impactos,

constituindo uma etapa inicial da seleção dos indicadores concretos a serem monitorados em campo.

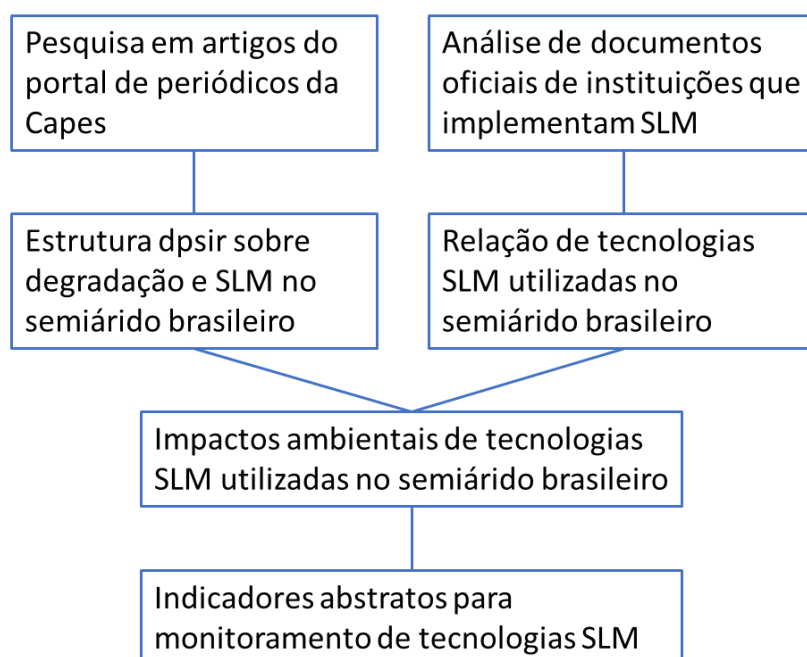


Figura 3-4 - Fluxograma da etapa de identificação de impactos ambientais de tecnologias SLM implementadas no semiárido brasileiro e de indicadores abstratos associados.

### 3.2 **BENCHMARKING**

O *benchmarking*, no presente trabalho, teve o objetivo de identificar experiências, técnicas, abordagens e indicadores utilizados para o monitoramento ambiental participativo da gestão sustentável da terra que possam ser adaptadas ao contexto do semiárido brasileiro. A proposta dessa etapa do presente trabalho foi a identificação, seleção e análise de três projetos que sejam referência para a realização desse tipo de monitoramento em terras secas ao redor do mundo.

Em pesquisa no portal de periódicos da Capes sobre monitoramento ambiental participativo da gestão sustentável de terras secas, foram buscados os termos: *participatory*;

*monitoring; assessment; sustainable land management; land degradation; drylands*. Dentro de diversos resultados gerados por essa busca, foram identificados projetos que pudessem ilustrar uma gama de abordagens para a participação das partes interessadas e o uso do conhecimento local e científico na avaliação ambiental da gestão sustentável da terra. Dessa forma, foi selecionado um projeto para cada tipologia de esquema de monitoramento participativo, com exceção do monitoramento local autônomo: (i) monitoramento colaborativo com interpretação local de dados; (ii) monitoramento colaborativo com interpretação externa de dados; e (iii) monitoramento orientado externamente com coletores de dados locais.

As três abordagens selecionadas foram brevemente descritas e então foram analisadas comparativamente, por exemplo, quanto aos objetivos, pontos positivos e negativos, benefícios para o empoderamento e aprendizagem e autonomia por parte dos usuários de terras, e utilização de indicadores.

O objetivo da identificação de referências mundiais em monitoramento participativo de SLM é perquirição da viabilidade de que sirvam de subsídio para instituições interessadas em implementar SLM no semiárido brasileiro. Já a referência de monitoramento colaborativo com interpretação local de dados foi utilizada nesse trabalho como modelo para a seleção de indicadores, visando a implementação desse tipo de monitoramento em áreas rurais do semiárido brasileiro.

### **3.3 SELEÇÃO DE INDICADORES CONCRETOS**

Após a identificação dos indicadores abstratos relacionados a cada impacto ambiental previsto, o próximo passo foi a seleção de indicadores concretos. A seleção de indicadores concretos, ou simplesmente indicadores ambientais (aqueles capazes de serem monitorados em campo), deve levar em consideração os objetivos do monitoramento propostos pelo presente trabalho, o qual deve constituir um processo contínuo de aprendizado que procura atender às necessidades e desafios dos usuários da terra para a conscientização de seus recursos naturais em mutação e documentação dos indicadores mais importantes que influenciam seus meios de subsistência, tornando-os mais conscientes das causas das mudanças em suas terras e ajudando-os na decisão de estratégias apropriadas para a gestão sustentável da terra.

Ademais, como essas mudanças decorrentes da implementação da gestão sustentável da terra costumam ser de longo prazo, demorando anos para poderem ser percebidos, o monitoramento proposto também deve ser de longo prazo. Para atender a esses objetivos, foram selecionados indicadores fáceis de serem monitorados pelos usuários da terra com o mínimo de tecnologia ou insumos científicos e a custos acessíveis.

Para esse tipo de monitoramento de SLM, os indicadores concretos selecionados devem ser simples de monitorar facilmente compreensíveis por usuários da terra e de baixo custo, visando a autonomia e a continuidade do monitoramento. Ademais, os indicadores devem fornecer informações que possam ser utilizadas pelos próprios usuários de terra para auxiliar na tomada de decisão com relação à gestão dos seus recursos naturais, à semelhança do que acontece no projeto Cbrlm, desenvolvido na Namíbia.

Os critérios utilizados para a seleção dos indicadores concretos foram: (i) custo benefício; (ii) facilidade de aquisição e disponibilidade dos dados; (iii) dispensar habilidades especiais; (iv) simplicidade operacional; (v) baixa demanda de tempo; (vi) simplicidade; (vii) utilidade para o gerenciamento; e (viii) relevância para o problema ou público alvo em questão.

Tabela 3-1 - Critérios para seleção de indicadores concretos para monitoramento de SLM baseado na comunidade

<b>Critérios de seleção de indicadores concretos</b>
custo benefício
facilidade de aquisição e disponibilidade dos dados
dispensa habilidades especiais
simplicidade operacional
baixa demanda de tempo
simplicidade
utilidade para o gerenciamento
relevância para o problema ou público alvo em questão

A partir dos indicadores abstratos, foram identificados, por meio de revisão de literatura, indicadores ambientais que costumam ser utilizados em estudos de degradação e gestão sustentável da terra que atendessem aos critérios de seleção definidos (Tabela 3-1).

Além dos indicadores concretos, foi analisada também a necessidade de utilização de indicadores de correção. O termo “indicadores de correção” refere-se a indicadores que não são selecionados por terem uma influência direta sobre a questão estudada, mas por

ajudarem a corrigir influências de fatores com os quais não se tem interesse em trabalhar (Niemeijer & Groot, 2008).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 IMPACTOS DE TECNOLOGIAS SLM NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

A proposta da estrutura DPSIR elaborada, foi identificar fatores que influenciam a degradação e a gestão sustentável da terra no semiárido brasileiro (Figura 4-1). Dentro da categoria que representa o estado do sistema, dentre as quatro características, o regime pluviométrico e a quantidade de evapotranspiração relacionam-se a imperativos climáticos aos quais não há possibilidade de modificar. A disponibilidade hídrica e a qualidade do solo, no entanto, são características de estado que podem ser modificadas por meio da implementação de tecnologias de gestão sustentável da terra, nessa estrutura representadas como ‘respostas’. Além de melhorar o estado do sistema, as respostas podem atuar sobre as forças motrizes, transformando-as em atividades sustentáveis, e reduzir pressões e impactos ambientais.

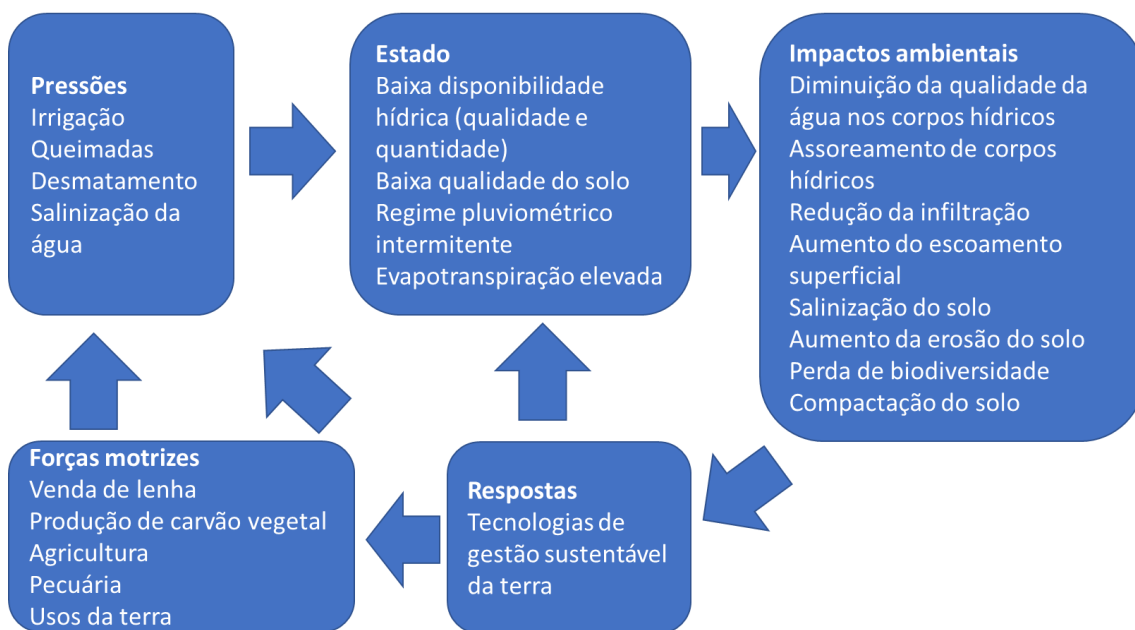


Figura 4-1 - Estrutura DPSIR com processos de degradação da terra característicos do semiárido brasileiro.



Analisando a estrutura DPSIR apresentada, observa-se que diversos impactos ambientais observados no semiárido brasileiro são incrementados por pressões sofridas devido à gestão insustentável da terra. Por exemplo, o desmatamento, associado a características geológicas e pluviométricas da região, tende a provocar redução da infiltração, aumento do escoamento superficial, e elevar os processos naturais de erosão a níveis que praticamente inviabilizam a produtividade da terra. Esses processos de erosão impactam também a qualidade da água, devido ao transporte de sedimentos, aumentando o assoreamento de corpos hídricos e diminuindo a disponibilidade hídrica. Outro processo muito comum na região é o sobrepastoreio, no qual o gado que não é gerido de forma sustentável promove a compactação do solo e a consequente redução da infiltração, o que diminui ainda mais a qualidade do solo. Em locais com problema de salinidade da água, por exemplo, o que acontece muito frequentemente no semiárido devido às características hidrogeológicas e climáticas da região, o manejo inadequado da irrigação de culturas agrícolas, pode ocasionar processos de salinização do solo que também prejudicam a produtividade da terra.

A partir desse exercício, torna-se mais clara a importância da sustentabilidade da gestão da terra em uma região como o semiárido brasileiro, que apresenta características rigorosas de ‘estado’: regime pluviométrico intermitente, evapotranspiração elevada, baixa disponibilidade hídrica e baixa qualidade do solo.

Considerando essas características, foi elaborada tabela relacionando as tecnologias de gestão sustentável da terra implementadas por diversas instituições no semiárido brasileiro com seus potenciais impactos. (Tabela 4-1). Os impactos ambientais identificados, tanto positivos quanto negativos, são potenciais, podendo ou não ocorrer dependendo de diversos fatores. Por exemplo, impactos negativos oriundos da instalação de poços dependem ocorrência de superexploração ou não dos aquíferos. Da mesma forma, para que os impactos positivos esperados aconteçam, é necessário que as tecnologias sejam adequadamente implementadas.

Seguindo em frente com a metodologia proposta para a seleção de indicadores ambientais para o monitoramento participativo de SLM em áreas rurais do semiárido brasileiro, foram identificados os seguintes indicadores abstratos associados a cada SLM: (i) qualidade da água; (ii) quantidade de água na bacia hidrográfica; (iii) qualidade do solo; (iv)

produtividade de culturas; (v) produtividade de rebanhos; e (vi) quantidade de solo. Indicadores abstratos são aqueles que são úteis a um nível teórico, mas que não necessariamente serão utilizados para o monitoramento em campo. Indicadores abstratos foram utilizados no presente trabalho como uma forma de identificar a necessidade teórica de monitoramento de impactos, constituindo uma etapa inicial da seleção dos indicadores ambientais (concretos) a serem monitorados em campo.

Um ponto importante que foi evidenciado nesse exercício foi que, além dos impactos socioambientais positivos das tecnologias SLM, que costumam corresponder aos objetivos da sua implementação, também foram identificados, por meio de revisão de literatura, potenciais impactos negativos de algumas das tecnologias SLM difundidas no semiárido brasileiro, como por exemplo o aumento da salinidade da água em reservatórios superficiais e submersíveis e a redução da produção de água em bacias hidrográficas devido à arborização.

Após anos consecutivos de secas, constata-se a situação de desabastecimento total ou parcial de grande parte dos municípios situados nas vizinhanças de reservatórios do semiárido brasileiro, alguns dos quais não garantem o abastecimento humano (ANA, 2017). Um dos pontos descritos em literatura a respeito da estocagem de água desses reservatórios superficiais diz respeito ao perigo de salinização dos corpos hídricos, devido ao elevado percentual de evaporação potencial a que estão sujeitos. De acordo com Suassuna (1994) nessa região os valores de pH podem chegar a nove, como característica de áreas com balanço hídrico negativo. Da mesma forma, reservatórios formados por barragens submersíveis, no semiárido, também devem receber cuidados especiais quando da sua instalação e devem ser monitorados a fim de se evitar o processo de salinização das águas subterrâneas e do solo (Rebouças & Marinho, 1972).

Outra grande preocupação que surge com relação ao impacto negativo de tecnologias que vêm sendo difundidas no semiárido brasileiro é a de se clarificar a relação entre a arborização e a produção de água em bacias hidrográficas, principalmente tendo-se em consideração as características de baixa disponibilidade hídrica do semiárido brasileiro. Embora sejam frequentemente mencionadas como soluções inequívocas para restaurar serviços ecossistêmicos e aumentar a biodiversidade, técnicas de florestamento e reflorestamento podem diminuir a produção de água de bacias hidrográficas. Está bem

estabelecido que as florestas geralmente usam mais água do que os tipos de vegetação menores (Zhang, et al., 2001), e as matas ciliares não são uma exceção a essa regra (Salemi, et al., 2012). A diminuição da produção de água deve-se a perdas por transpiração e consumo pela vegetação, levando a um menor fluxo de água do solo para o aquífero subterrâneo, diminuindo o escoamento de base (Scott, 1999). Nesse sentido, o plantio de espécies arbóreas próximas a leitos de rios intermitentes, como o são os do semiárido brasileiro, podem causar impactos negativos na disponibilidade hídrica em termos de quantidade.

Tabela 4-1 - Impactos de tecnologias SLM implementadas no semiárido brasileiro e indicadores abstratos relacionados.

<b>Tipologias de SLM</b>	<b>Tecnologias SLM</b>	<b>Impactos socioambientais positivos</b>	<b>Impactos ambientais negativos</b>	<b>Indicadores abstratos</b>
<b>Gestão integrada da fertilidade do solo</b>	Agroecologia	Redução da contaminação de corpos hídricos e redução da erosão do solo		Qualidade da água e qualidade e quantidade de solo
<b>Manejo da vegetação</b>	Banco de sementes	Maior resiliência das culturas		Produtividade das culturas
	Diversificação de cultivos	Maior resiliência das culturas		Produtividade das culturas
<b>Gestão da água</b>	Irrigação de culturas	Aumento de produtividade	Salinização da água e do solo e, dependendo da forma de aspersão, pode haver aumento da evaporação	Produtividade das culturas, qualidade da água, quantidade de água na bacia hidrográfica
	Sistemas de captação de águas pluviais	Aumento do acesso à água	Redução da infiltração e, conseqüentemente, da produção de água da bacia	Quantidade de água na bacia hidrográfica
	Construção de barragens subterrâneas	Aumento do acesso à água	Aumento da evaporação e salinização da água e do solo	Qualidade da água e qualidade do solo
	Instalação de poços artesianos	Aumento do acesso à água	Diminuição da quantidade de água na bacia hidrográfica	Quantidade de água na bacia hidrográfica
	Instalação de poços amazonas	Aumento do acesso à água	Diminuição da quantidade de água na bacia hidrográfica	Quantidade de água na bacia hidrográfica
	Instalação de reservatórios comunitários	Aumento do acesso à água	Em caso de reservatórios expostos, aumento da evaporação e conseqüente salinização da água e do solo	Qualidade da água e qualidade do solo

Tabela 4-1 - Impactos de tecnologias SLM implementadas no semiárido brasileiro e indicadores abstratos relacionados (continuação)

<b>Tipologias de SLM</b>	<b>Tecnologias SLM</b>	<b>Impactos socioambientais positivos</b>	<b>Impactos ambientais negativos</b>	<b>Indicadores abstratos</b>
	Limpeza e construção de açudes	Aumento do acesso à água	Aumento da evaporação e salinização da água e do solo	Qualidade da água e qualidade do solo
	Canteiro econômico (de alvenaria para reutilização da água)	Redução da pressão sobre os recursos hídricos		Quantidade de água na bacia hidrográfica
	Plantação de palma (armazenamento de água)	Redução da pressão sobre os recursos hídricos		Quantidade de água na bacia hidrográfica
	Reúso de águas cinzas	Redução da pressão sobre os recursos hídricos		Quantidade de água na bacia hidrográfica
<b>Manejo de pastagens</b>	Ensilagem (produção de silagem)	Aumento da resiliência de rebanhos		Produtividade de rebanhos
	Fenação (produção de feno)	Aumento da resiliência de rebanhos		Produtividade de rebanhos
<b>Gestão de resíduos animais</b>	Biodigestor (produção de gás de cozinha com fezes de bovinos)	Redução do desmatamento para uso de lenha e consequente prevenção da erosão		Qualidade e quantidade de solo
<b>Manejo florestal sustentável</b>	Usos madeireiros	Benefícios socioeconômicos	Diminuição da quantidade de água na bacia hidrográfica	Quantidade de água na bacia hidrográfica
	Usos não madeireiros (extrativismo)	Benefícios socioeconômicos		Quantidade de água na bacia hidrográfica
<b>Redução do desmatamento</b>	Ecofogões (reduz utilização de lenha)	Redução do desmatamento para uso de lenha e		Qualidade do solo

Tabela 4-1 - Impactos de tecnologias SLM implementadas no semiárido brasileiro e indicadores abstratos relacionados (continuação)

<b>Tipologias de SLM</b>	<b>Tecnologias SLM</b>	<b>Impactos socioambientais positivos</b>	<b>Impactos ambientais negativos</b>	<b>Indicadores abstratos</b>
		consequente aumento na qualidade do solo		
<b>Florestamento, reflorestamento e restauração florestal</b>	Regeneração natural	Aumento da qualidade do solo		Qualidade do solo
	Enriquecimento	Aumento da biodiversidade, aumento da qualidade do solo		Qualidade do solo
	Plantio de mudas	Aumento da biodiversidade, aumento da qualidade do solo	Diminuição da quantidade de água na bacia hidrográfica	Quantidade de água na bacia hidrográfica e qualidade do solo
	Semeadura direta	Aumento da qualidade do solo		Qualidade do solo
	Aplicação de serapilheira	Aumento da biodiversidade, aumento da qualidade do solo		Qualidade do solo
	Recuperação de matas ciliares	Aumento da biodiversidade, aumento da qualidade do solo	Diminuição da quantidade de água na bacia hidrográfica	Quantidade e qualidade da água na bacia hidrográfica e qualidade do solo
	Cercamento de nascentes	Aumento da qualidade do solo		Qualidade do solo e da água
<b>Agrossilvipecuária</b>	Sistema agroflorestal	Redução da erosão, aumento da qualidade do solo	Diminuição da quantidade de água na bacia hidrográfica	Quantidade de água na bacia hidrográfica e qualidade do solo

Tabela 4-1 - Impactos de tecnologias SLM implementadas no semiárido brasileiro e indicadores abstratos relacionados (continuação)

<b>Tipologias de SLM</b>	<b>Tecnologias SLM</b>	<b>Impactos socioambientais positivos</b>	<b>Impactos ambientais negativos</b>	<b>Indicadores abstratos</b>
	Integração agricultura, pecuária e / ou floresta (ILP, ILPF)	Redução da erosão, aumento da qualidade do solo	Diminuição da quantidade de água na bacia hidrográfica	Quantidade de água na bacia hidrográfica e qualidade do solo
	Horta mandala com psicultura	Aumento da qualidade do solo		Qualidade do solo
<b>Perturbação mínima do solo</b>	Plantio direto	Redução da erosão, aumento da qualidade do solo		Qualidade e quantidade de solo
	Plantio em nível	Redução da erosão, aumento da qualidade do solo		Qualidade e quantidade de solo
	Subsolagem	Redução da compactação do solo e aumento da disponibilidade e retenção hídrica	Pode aumentar a erosão	Qualidade e quantidade de solo; produtividade de culturas
	Escarificação	Redução da compactação do solo e aumento da disponibilidade e retenção hídrica	Pode aumentar a erosão	Qualidade e quantidade de solo; produtividade de culturas
	Sulcamento	Redução da compactação do solo e aumento da disponibilidade e retenção hídrica	Pode aumentar a erosão	Qualidade e quantidade de solo; produtividade de culturas
	Rotação de culturas	Aumento da qualidade do solo		Qualidade do solo
<b>Controle da erosão do solo</b>	Terraceamento	Redução da erosão, aumento da infiltração e retenção da água na bacia hidrográfica		Qualidade e quantidade de solo; quantidade de água na bacia hidrográfica

Tabela 4-1 - Impactos de tecnologias SLM implementadas no semiárido brasileiro e indicadores abstratos relacionados (continuação)

<b>Tipologias de SLM</b>	<b>Tecnologias SLM</b>	<b>Impactos socioambientais positivos</b>	<b>Impactos ambientais negativos</b>	<b>Indicadores abstratos</b>
	Bacias de acumulação de sedimentos (barraginhas)	Redução da erosão	Aumento da evaporação e salinização da água	Quantidade de solo e quantidade e qualidade da água
	Readequação de estradas	Redução da erosão		Qualidade e quantidade de solo
	Recuperação de pastagens	Redução da erosão e da compactação do solo		Qualidade e quantidade de solo
	Barragens sucessivas de sedimentos (pedras)	Redução da erosão, aumento da infiltração e retenção da água na bacia hidrográfica		Qualidade e quantidade de solo e quantidade de água na bacia hidrográfica
	Cordões de pedras em nível	Redução da erosão, aumento da infiltração e retenção da água na bacia hidrográfica		Qualidade e quantidade de solo e quantidade de água na bacia hidrográfica
<b>Controle de incêndios, pragas e doenças</b>	Prevenção de incêndios	Preservação da biodiversidade e manutenção da qualidade do solo		Qualidade do solo



## **4.2 TÉCNICAS DE MONITORAMENTO AMBIENTAL PARTICIPATIVO DE SLM**

Para o presente trabalho, na busca por referenciais de monitoramento ambiental participativo de SLM, foram selecionados (i) o projeto Desire (Mitigação da desertificação e remediação de terras degradadas), desenvolvido no âmbito da União Européia; (ii) o projeto Lada-local (do inglês, Avaliação local da degradação e gestão sustentável da terra em terras secas), da FAO (do inglês, Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura); e (iii) o projeto Cbrlm (do inglês, Gestão de pastagens e gado baseada na comunidade), do governo da Namíbia.

O três projetos se destacaramos demais pelos seguintes motivos: (i) utilização de abordagem participativa para o monitoramento de recursos naturais; (ii) tanto o projeto Lada quanto o projeto Desire foram desenhados para dar suporte ao combate à degradação da terra em resposta a necessidades identificadas pela Unccd (Unccd, 2013) e (iii) foram testados em diversos países, sendo, portanto, referências mundiais em matéria de monitoramento ambiental de terras secas; (iv) o projeto da Namíbia trata-se de um caso de ‘monitoramento local baseado na comunidade’ de recursos naturais, (v) por meio de indicadores ambientais. Diferentemente da maioria dos projetos de ‘monitoramento baseado na comunidade’, que geralmente enfocam a biodiversidade de áreas protegidas ou florestas, o referido projeto avalia pastagens e produção de forragem, dentre outras formas de uso da terra que também são muito comuns no semiárido brasileiro.

### **4.2.1 MONITORAMENTO COLABORATIVO COM INTERPRETAÇÃO LOCAL DE DADOS: PROJETO CBRLM**

O projeto Cbrlm (do inglês, Gestão de pastagens e gado baseada na comunidade) é um exemplo de monitoramento baseado na comunidade que opera em áreas gerenciadas pela comunidade. Esse esquema enquadra-se dentro da categoria de monitoramento colaborativo com interpretação local de dados. Esse projeto promove a utilização pelas comunidades de indicadores simples, mas com base científica, para medir as mudanças em seus recursos naturais ao longo do tempo, e foi implementado pela primeira vez por criadores de gado no

noroeste da Namíbia. O objetivo dos dados coletados é que os agricultores se reúnam para discutir os resultados. Ao fazer isso, uma visão melhor do estado do ambiente de que todos dependem é atingida. Essas discussões formam a base para o desenvolvimento e revisão das estratégias de manejo das pastagens pelos agricultores. As informações coletadas do campo usando a ferramenta são inseridas em plataformas de tomada de decisão baseadas na comunidade, chamadas Fóruns para Gerenciamento Integrado de Recursos Naturais ou FIRMs (Foruns for Integrated Natural Resource Management). As FIRMs tomam decisões sobre como administrar melhor seus recursos em resposta a mudanças no ambiente ou condição do gado, por exemplo (Klintenberg, et al., 2007).

Na Namíbia, o monitoramento local é de particular relevância em termos da política e estratégia nacional da seca, com as suas implicações inovadoras. Como primeiro passo, a política afirma que o governo só fornecerá ajuda à seca quando uma seca de desastre for declarada. De acordo com os registros estatísticos, espera-se que uma seca de desastre ocorra uma vez em quatorze anos na Namíbia. Em outros anos, espera-se que as pessoas gerenciem seus próprios recursos. Além disso, para se qualificar para auxílio durante uma “seca de desastre”, o agricultor individual deve mostrar evidências de que algo foi feito em preparação (Klintenberg, et al., 2007). Assim, o monitoramento local, incluindo um registro de resultados de longo prazo, é um componente essencial para o manejo adaptativo, bem como para fornecer evidências que qualificariam um agricultor para o alívio da seca em situações extremas. As comunidades locais e os agricultores comerciais na Namíbia sempre souberam da importância de monitorar e prever futuras mudanças nas chuvas e temperaturas para a sobrevivência de sua indústria pecuária. Monitoramento e previsão da mudança ambiental tem sido praticada há séculos, principalmente enraizada nas experiências e tradições do estilo de vida pastoril das comunidades locais (Kellner, 2009).

A ferramenta foi concebida inicialmente para que a comunidade tome decisões mais informadas sobre sua própria gestão pecuária e de recursos naturais. O monitoramento de nível local é essencial para a tomada de decisões em comunidades cujo foco é a gestão de animais. Foi originalmente introduzido por provedores de serviços e financiadores e adotado como uma ferramenta para as comunidades usarem por iniciativa própria para o gerenciamento de seus recursos (Matambo & Seely, 2013).

Os cientistas forneceram a linha de base e ajudaram no desenvolvimento de ferramentas para monitorar e analisar os resultados no estabelecimento do monitoramento local. O monitoramento local é essencialmente uma ferramenta de monitoramento projetada em conjunto com a comunidade para medir as mudanças em determinados indicadores em um determinado momento. Diferentes comunidades podem selecionar diferentes indicadores para monitorar, mas geralmente incluem: (i) condição do gado, que envolve o agricultor combinando a condição dos animais mensalmente com cinco fotos variando de muito ruim a muito bom (ii) condição de forragem e sua disponibilidade, que também usa fotos tiradas em locais (iii) condição de pastagem, e (iv) chuva, que é medida com um pluviômetro volumétrico. Ao analisar e discutir os resultados dessas observações, é estabelecida uma base para a tomada de decisões. Esses indicadores podem ser mensurados mensalmente, com maior ou menor frequência, dependendo das decisões dos membros da comunidade envolvidos na implementação da ferramenta. Guias de campo foram desenvolvidos para registrar as observações dos agricultores usando diferentes folhas coloridas (amarelo = mensal, azul = anual e vermelho = longo prazo). O guia de campo descreve como conduzir o monitoramento regular, com fotos coloridas, gráficos, folhas de informações e gráficos codificados por cores (Kellner & Moussa, 2009).

O monitoramento local não é implementado pelos provedores de serviços, nem os incentivos são oferecidos às comunidades pelos provedores de serviços. Os indicadores são identificados durante as discussões entre os membros da FIRM da comunidade e prestadores de serviços. A interpretação e a discussão das implicações dos resultados do monitoramento ocorrem nas reuniões da FIRM com a assistência de provedores de serviços, conforme necessário. As implicações identificadas através da ferramenta de monitoramento, por exemplo, más condições de pastoreio ou condições precárias dos animais no final da estação das chuvas, quando as condições devem ser boas, estão integradas nos planos operacionais das FIRM (Matambo & Seely, 2013). O plano operacional pode, portanto, incluir, por exemplo, alguma forma de pastoreio rotativo administrado em grupo ou pastoreio em grupo para dar um descanso às áreas específicas das pastagens, ou pode incluir suplementos nutricionais para o gado na forma de blocos de sal e nutrientes para os animais (Kruger et al., 2009).

O conceito de monitoramento local tenta integrar os conhecimentos, experiências e dados capturados pelo usuário da terra local para torná-los mais conscientes das causas das mudanças em suas terras e ajudar na decisão de estratégias de manejo apropriadas que possam ser implementadas ou adaptadas que atendam às suas necessidades específicas. Assim, a troca de informações torna-se um aspecto importante. A informação pode vir de agricultores focados na condição de gado, condição de pastagem, ou disponibilidade de forragem, ou de crianças em idade escolar medindo chuvas. As informações podem ser coletadas e analisadas individualmente ou em grupos e depois discutidas em reuniões. Essa troca aprimora a discussão entre os membros da comunidade, bem como com os provedores de serviços (Matambo & Seely, 2013).

Um resultado importante para os agricultores comunitários em dificuldades como resultado do desenvolvimento e implementação da abordagem da FIRM, reforçada pelo monitoramento local, foi o aprimoramento da comunicação e troca de informações entre diversas partes interessadas (Kellner & Moussa, 2009). Membros da comunidade, prestadores de serviços de extensão de vários ministérios, o setor privado e organizações não governamentais trabalharam juntos para ver que a gestão da pecuária e das pastagens melhorou. Essas melhorias incluíram a redução mais rápida do número de animais e a venda de gado à medida que os períodos de seca se desenvolviam. Como resultado do monitoramento e subsequente troca de informações, as comunidades puderam, por exemplo, fornecer bons alimentos suplementares para evitar o declínio na condição do gado durante a estação seca. A venda para evitar o sobrepastoreio durante os períodos de seca permitiu que as comunidades depositassem suas riquezas na forma de contas bancárias e aumentassem a renda e os meios de subsistência. Os benefícios também incluem o desenvolvimento de comunidades mais auto-suficientes, com menor necessidade de fornecedores de serviços para dar alívio à seca, maior rotatividade de produtos agrícolas, dentre outros desenvolvimentos econômicos para a comunidade e a economia em geral (Matambo & Seely, 2013).

Embora motivado pela necessidade de fornecer uma tomada de decisão de baixo para cima, esse modelo sofre com a armadilha usual de financiamento insustentável quando o financiamento dos doadores “seca”. A abordagem tende a exigir apoio contínuo de diferentes partes interessadas. Como consequência, em lugares onde o apoio contínuo não pode ser

fornecido, ou onde há uma alta rotatividade de membros da organização baseada na comunidade como resultado de sua especialização recém-adquirida, o processo não continuou (Matambo & Seely, 2013).

De acordo com Klintenberg, et al., (2007), o sucesso da implementação do monitoramento local orientado para o agricultor é dependente do apoio recebido pelas instituições o que introduzem, serviços de extensão, organizações não governamentais (ONGs) ou outros prestadores de serviços. A experiência demonstrou que o apoio a agricultores envolvidos no monitoramento é mais importante nos estágios iniciais da implementação. Conforme Matambo & Seely (2013), do ponto de vista da comunidade, sem a adequada facilitação, os benefícios imediatos podem não ser facilmente visíveis. Além disso, uma situação de gestão de terras comunal requer um comprometimento grupal e não apenas individual, para torná-lo funcional.

#### **4.2.2 MONITORAMENTO COLABORATIVO COM INTERPRETAÇÃO EXTERNA DE DADOS: PROJETO DESIRE**

O projeto Desire (Mitigação da desertificação e remediação de terras degradadas), da União Européia, que utiliza o monitoramento colaborativo com interpretação externa de dados, foi implementado em 12 países em todo o mundo no período 2006 – 2012.

Nesse projeto, são realizadas oficinas nas quais os usuários de terra participam junto com pesquisadores e gestores públicos (partes interessadas). Inicialmente, são identificados os principais problemas de degradação da terra nos locais de estudo e são apresentadas as ferramentas de SLM disponíveis em um catálogo mundial de tecnologias, o Wocat (Visão mundial de abordagens e tecnologias de conservação). Com base em análise multicritério (Schwilch, et al., 2009) ocorre uma pré seleção participativa de tecnologias. Em seguida, por cerca de dois a três meses, o desempenho dessas tecnologias, bem como seu custo e impactos são avaliados por meio de ensaios de campo (monitoramento) ou modelagem empírica, e depois disso, em nova oficina, as partes interessadas tomam a decisão final sobre quais tecnologias SLM implementar.

Para a avaliação e monitoramento das tecnologias, é utilizada a ferramenta de avaliação de SLM da Wocat (Visão mundial de abordagens e tecnologias de conservação),

nomeadamente o Questionário de tecnologias (QT) e o Questionário de abordagens (QA), desenvolvidos e aperfeiçoados ao longo de muitos anos em diversas regiões para avaliar uma ampla gama de SLM em terras agrícolas, pastagens e florestas, incluindo seus efeitos sobre os serviços produtivos, ecológicos e sócio-culturais fornecidos pelos ecossistemas (Anexo).

Para a modelagem é utilizado o modelo combinado Pesera / Desmice (Modelo pan-europeu de avaliação de risco de erosão do solo / Modelo de eficácia na mitigação da desertificação). Esse modelo avalia os impactos de tecnologias SLM em processos de degradação da terra, bem como sua viabilidade econômica (Kirkby, et al., 2008; Fleskens, et al., 2009; Fleskens, et al., 2016). O Pesera é um modelo de predição de erosão baseado em processos e o Desmice é um modelo de avaliação econômica que é operacionalizado pela análise de custo-benefício espacial.

A abordagem Desire favorece que os usuários da terra considerem as implicações das tecnologias com base em previsões científicas juntamente com outros fatores que influenciam suas preferências na seleção de tecnologias. O principal pressuposto subjacente à abordagem é que, para ter uma chance de ser adotada, as tecnologias precisam ser atraentes para os administradores de terras em termos de redução de custos e / ou melhoria de benefícios (Fleskens, et al., 2009). Os resultados das avaliações de tecnologias SLM realizadas por esse projeto forneceram informações sobre as quais as partes interessadas locais frequentemente não tinham conhecimento prévio. Assim, o conhecimento científico gerado a partir de testes de campo e modelagem geralmente complementava o conhecimento tradicional local e ajudava a informar as percepções das partes interessadas sobre as tecnologias SLM que haviam proposto.

No entanto, embora esse processo possa fornecer um caminho para o aumento de escala, deve-se notar que uma capacidade humana significativa é necessária em tal abordagem. Facilitação qualificada combinada com dedicação substancial de tempo é necessária, o que poderia atuar como uma barreira à implementação da abordagem em alguns locais. Ademais, estudos de modelagem em particular têm sido amplamente criticados por criar uma 'caixa preta', onde é impossível para não-especialistas em modelagem identificar ou questionar os pressupostos do construtor do modelo, levando a uma falta de confiança no resultado final (Prell, et al., 2007). No entanto, segundo Stringer, et al. (2014), embora seja mais difícil explicar os resultados do modelo aos participantes das oficinas do que os

resultados do monitoramento, ser capaz de questionar descobertas científicas permitiu que essa "caixa preta" fosse aberta e ponderada adequadamente na seleção das tecnologias SLM.

#### **4.2.3 MONITORAMENTO ORIENTADO EXTERNAMENTE COM COLETORES DE DADOS LOCAIS: PROJETO LADA - LOCAL**

A metodologia de avaliação local de recursos terrestres (Lada-Local) foi produzida dentro do projeto de Avaliação de degradação da terra em terras secas (Lada), apoiado pelo Fundo global para o meio ambiente (GEF) e executado por FAO durante o período 2006-2010 com a participação de seis países (Bunning, et al., 2016). Essa metodologia é um exemplo de monitoramento orientado externamente com coletores de dados locais.

O principal objetivo da Lada-Local é fornecer uma abordagem metodológica padrão e um conjunto de ferramentas para a avaliação dos processos de degradação da terra, suas causas e impactos, em colaboração com as partes interessadas e comunidades locais. O foco está na degradação do solo induzida pelo homem; no entanto, os processos de degradação natural também são abordados. Para uma compreensão mais equilibrada e completa, a abordagem também avalia até que ponto os recursos terrestres (solo, vegetação, água) e paisagens / ecossistemas estão sendo conservados ou melhorados por práticas de manejo sustentável da terra (SLM). Ademais, essa metodologia visa fornecer uma compreensão, não apenas do estado e natureza da mudança nos recursos da terra (solo, água e recursos biológicos) e ecossistemas, mas também dos impulsionadores e impactos da degradação da terra e da gestão sustentável da terra, os impactos que eles têm sobre os serviços ecossistêmicos e meios de subsistência, e também os efeitos de medidas de resposta adotadas por usuários da terra e outros atores. Segundo Bunning, et al. (2016), a premissa dessa abordagem é que não é a degradação da terra em si que é o problema, mas os impactos que essa degradação tem sobre as coisas que importam para as pessoas: seus meios de subsistência e serviços ecossistêmicos.

Segundo o manual do projeto, aproximadamente de três a quatro semanas (período integral) são necessárias para realizar uma avaliação completa e integrada do local com preparação, trabalho de campo e entrevistas com usuários da terra e domicílios, validação de descobertas com a comunidade e a preparação de um relatório consolidado. Numa série de passos chave, a abordagem baseia-se no conhecimento dos usuários da terra para

informação, nomeadamente sobre a história do uso da terra, a dinâmica da mudança de recursos, os impulsionadores e impactos da degradação da terra e gestão sustentável da terra.

Segundo Bunning, et al. (2016), sempre que possível, a abordagem utiliza métodos e indicadores fáceis de usar e interpretar. Existem, no entanto, situações em que testes laboratoriais podem ser necessários, por exemplo, para verificar as deficiências de nutrientes no solo, os estoques de carbono no solo, os poluentes da água e também a salinidade do solo e da água. Uma equipe multidisciplinar de aproximadamente dez pessoas ajudarão a garantir que a avaliação tenha rigor científico e forneça resultados relevantes e acessíveis a todas as partes interessadas e deve ser capaz de implementar essa avaliação em um período de quatro semanas, incluindo tempo para análise, feedback e redação do relatório.

Conforme a metodologia Lada-Local, tecnologias de gestão sustentável da terra (SLM) devem ser identificadas nas áreas de estudo, seus efeitos observados no campo (ou seja, no solo, água, vegetação e biodiversidade) e seus impactos sobre os meios de subsistência e serviços ecossistêmicos determinados através de observações, discussões e entrevistas. Uma avaliação específica deve ser feita para algumas tecnologias e abordagens SLM identificadas para consideração específica na área de estudo (por exemplo, aquelas mais comumente adotadas e / ou mais ou problemática em termos de habilidades, custo, manutenção, etc.). Nesses casos, da mesma forma que ocorre no projeto Desire, o manual propõe que seja utilizada a ferramenta de avaliação de SLM da Wocat (Visão mundial de abordagens e tecnologias de conservação), nomeadamente o Questionário de tecnologias (QT) e o Questionário de abordagens (QA), desenvolvidos e aperfeiçoados ao longo de muitos anos em diversas regiões para avaliar uma ampla gama de SLM em terras agrícolas, pastagens e florestas, incluindo seus efeitos sobre os serviços produtivos, ecológicos e sócio-culturais fornecidos pelos ecossistemas. Os indicadores utilizados para identificação de impactos de tecnologias SLM por meio da ferramenta Wocat consta do Anexo 1 do presente trabalho.



#### 4.2.4 DISCUSSÃO

Por ser um monitoramento colaborativo com interpretação local de dados, o projeto Cbrlm envolve partes interessadas locais na coleta de dados, interpretação ou análise, e tomada de decisões gerenciais, embora especialistas externos possam fornecer aconselhamento e treinamento. Os dados originais coletados pelas pessoas locais permanecem na área sendo monitorada, o que ajuda a criar a apropriação local do esquema e seus resultados, mas cópias dos dados podem ser enviadas a especialistas para análises em profundidade ou em escala maior. Apesar de os indicadores serem selecionados previamente por especialistas, os usuários de terras têm liberdade de selecionar outros indicadores, que são monitorados e analisados pela por eles mesmos. O principal objetivo da coleta de dados é subsidiar as comunidades com insumos e capacitação para que possam gerir sustentavelmente seus próprios recursos naturais e para que dependam o mínimo possível de instituições externas. Um ponto notável é que o monitoramento realizado é de longo prazo, permitindo um processo contínuo de aprendizado que procura atender às necessidades e desafios dos usuários da terra para a conscientização de seus recursos naturais em mutação, tornando-os mais conscientes das causas das mudanças em suas terras e ajudando-os na decisão de estratégias de gestão apropriadas.

No projeto Desire, especialistas buscam realizar experimentos e testar hipóteses em conjunto com usuários de terra, que têm a possibilidade de participar de todos os processos que culminam na seleção de tecnologias de gestão sustentável da terra a serem implementados em seu território. Os usuários de terra têm, assim uma oportunidade pontual de aprender sobre os impactos de tecnologias de SLM. No entanto, apesar da possibilidade de participação dos usuários de terra quando da realização dos testes de campo, o que pode favorecer a aprendizagem, nos casos em que são realizadas modelagens computacionais esse processo pode ser prejudicado devido ao alto grau de complexidade que envolve.

O projeto Lada-Local tem como foco a realização de uma avaliação local rápida, tanto da degradação quanto da gestão sustentável da terra. Para essa avaliação, que dura cerca de um mês, usuários da terra juntam-se a uma equipe de especialistas para entender os processos de degradação e de sustentabilidade da região, bem como seus impactos nos serviços ecossistêmicos dos quais dependem para sobreviver. Nessa avaliação, a participação dos usuários de terra pode ser entendida como mais uma forma de subsidiar,

com seus conhecimentos, uma avaliação rápida por parte de especialistas. Apesar de ser uma ferramenta oportuna para utilização por instituições com interesse em combater a degradação da terra, o processo de aprendizagem do usuário de terra local pode vir a ser colocado em segundo plano.

Esse exercício de *benchmarking* capturou uma gama de possibilidades de projetos com participação social no tema de degradação e gestão sustentável da terra (Tabela 4-2). As três abordagens selecionadas buscam promover a participação dos usuários locais de terra, evitando uma abordagem de transferência de tecnologia e conhecimentos de cima para baixo. Por serem elaboradas para regiões de clima seco (árido, semiárido ou subúmido seco), são adequadas para utilização no semiárido brasileiro. Cada abordagem serve a um propósito específico e podem ser inseridas em projetos de SLM a serem implementados no contexto do semiárido brasileiro. A abordagem Lada-local, pode fornecer um diagnóstico ambiental completo, rápido e padronizado da degradação e gestão sustentável da terra para instituições que tenham interesse na implementação de tecnologias SLM na região. A abordagem Desire pode constituir-se uma forma participativa para essas instituições selecionarem as melhores tecnologias SLM a serem implementadas. Já a abordagem do projeto Cbrlm pode ser implementada visando a um monitoramento de longo prazo que promova a autonomia dos usuários locais da terra para a continuidade da SLM e seus benefícios de modo que não se restrinjam a prazo de duração dos projetos e de interlocução com as instituições disseminadoras de SLM.

O conjunto de indicadores selecionados no presente trabalho poderá ser útil para a implementação de um monitoramento baseado na comunidade em áreas rurais do semiárido brasileiro, de forma semelhante ao que foi realizado pelo projeto Cbrlm.

Conforme apresentado na revisão de literatura, constituem benefícios da implementação desse tipo de abordagem o fortalecimento da capacidade ambiental, social e institucional, o melhor gerenciamento dos recursos naturais, a utilização de métodos relativamente simples, o aumento da velocidade da tomada de decisões para lidar com tendências ambientais, inclusão das partes interessadas no planejamento e gestão dos ecossistemas locais, maior engajamento social em questões locais, aumento da influência sobre os formuladores de políticas; maior sustentabilidade das comunidades; maior sucesso econômico e ambiental de longo prazo; valorização das ideias e conhecimento das pessoas;

empoderamento social para a tomada de decisões; utilização de conhecimentos e experiências ambientais locais; oportunidade de aprendizagem e empoderamento social; aumento da democracia ambiental, da alfabetização científica e do capital social, ampliando o conhecimento sobre processos ambientais e a compreensão dos papéis no ambiente; promoção da educação ambiental; maior cumprimento e entendimento de SLM; incentivo à reflexão sobre os efeitos de ações no ambiente; desenvolvimento de mudança de atitude em relação à SLM; encorajamento dos indivíduos a agir estrategicamente como comunidade; promoção da sensibilidade aos valores de serviços ecossistêmicos das gerações futuras; criação de espaços de discussão entre comunidades locais e gestores sobre SLM.

Tabela 4-2 - Análise das abordagens de monitoramento participativo de SLM selecionadas.

<b>Método</b>	<b>Principal objetivo</b>	<b>Ano de aplicação</b>	<b>Países</b>	<b>Organização</b>	<b>Medições e indicadores</b>	<b>Período para aplicação</b>	<b>Aprendizagem e autonomia do usuário de terra</b>	<b>Pontos positivos</b>	<b>Pontos negativos</b>
<b>Lada Local</b>	Avaliação rápida de SLM e degradação da terra	2006 - 2010	6	FAO	67 indicadores	1 mês	Baixa	Avaliação completa e padronizada de SLM	Baixo aproveitamento por usuários de terras
<b>Desire</b>	Seleção participativa de SLM	2006 - 2012	12	União Européia	67 indicadores + modelagem	2 a 3 meses	Regular	Participação do usuário na tomada de decisão sobre SLM	Necessidade de análise externa de dados e alto custo
<b>Cbrlm</b>	Gerenciamento autônomo de SLM	2003 - contínuo	1	Namíbia	4 indicadores	Monitoramento contínuo	Intensa	Simplicidade, baixo custo, continuidade e autonomia	Necessidade de treinamento inicial

### 4.3 INDICADORES PARA MONITORAMENTO PARTICIPATIVO DE SLM NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Os indicadores abstratos são conceituais, teóricos, não necessariamente podem ser medidos em campo. Para a definição de indicadores concretos é necessária uma reflexão sobre a sua conveniência e praticidade, pois serão efetivamente monitorados em campo.

Considerando o atendimento aos critérios de seleção definidos pelo presente trabalho: (i) custo benefício; (ii) facilidade de aquisição e disponibilidade dos dados; (iii) dispensar habilidades especiais; (iv) simplicidade operacional; (v) baixa demanda de tempo; (vi) simplicidade; (vii) utilidade para o gerenciamento; e (viii) relevância para o problema ou público alvo em questão; e pesquisa em literatura relacionada ao tema, foram selecionados os indicadores concretos relacionados na Tabela 4-3.

Tabela 4-3 - Atendimento dos indicadores concretos selecionados aos critérios de seleção de indicadores ambientais propostos no presente trabalho.

Indicador abstrato	Indicador concreto	Atendimento aos critérios de seleção							
		i	ii	iii	iv	v	vi	vii	viii
Qualidade da água	Condutividade elétrica da água	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Quantidade de água na bacia hidrográfica	Profundidade da água subterrânea (mudanças)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Qualidade do solo	Biomassa vegetal								
Produtividade de culturas	(avaliação visual comparativa)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Produtividade de rebanhos									
Quantidade de solo	Profundidade do solo (mudanças)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<b>Indicador de correção</b>	Pluviometria	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

A seguir, apresenta-se com maiores detalhes o processo de seleção de cada indicador ambiental selecionado.

### **4.3.1 CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DA ÁGUA**

O monitoramento da qualidade da água (indicador abstrato) costuma envolver diversas análises físico químicas e bacteriológicas, as quais podem exigir procedimentos, custos e análises muito sofisticadas. Por outro lado, o monitoramento proposto no presente trabalho é voltado para a avaliação da salinidade da água, aspecto primordial para a avaliação de processos de degradação e gestão sustentável da terra, visto que a água salina ou salobra pode ter efeitos prejudiciais a culturas sensíveis e causar danos estruturais ao solo, resultando na redução da taxa de infiltração (Figura 4-1). A salinidade da água pode ser monitorada de maneira prática por meio do indicador condutividade elétrica por meio de um medidor de condutividade elétrica. Esse indicador já costuma ser utilizado em estudos avaliativos sobre degradação da terra (por exemplo Esdac, 2019).

### **4.3.2 PROFUNDIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA (MUDANÇAS)**

Para o monitoramento da quantidade de água na bacia hidrográfica (indicador abstrato), diversos projetos (por ex. Funceme, 2016) costumam instalar aparelhos para a medição da vazão dos corpos hídricos superficiais, o que demanda investimentos consideráveis para a instalação de equipamentos e treinamento. O presente trabalho propõe que o monitoramento da quantidade de água seja realizado por meio do acompanhamento das mudanças na profundidade da água subterrânea. Diversas tecnologias SLM favorecem tanto o aumento da infiltração da água no solo, quanto a utilização sustentável da água subterrânea. Apesar de haver mudanças naturais nos níveis das águas subterrâneas por causa de condições climáticas (secas, episódios pluviais), as principais mudanças se devem à extração humana. O objetivo deste indicador é medir o impacto da gestão sustentável da terra sobre as águas subterrâneas, avaliando pressões exercidas sobre o meio ambiente. Considerando que a mudança na profundidade da água subterrânea tem uma importância diferente em cada aquífero, informações sobre o aquífero são necessárias. O monitoramento desse indicador pode ser facilmente realizado pela medição da profundidade da água em poços usados para bombear água do aquífero. A frequência mínima de medição é definida em intervalos mensais, a fim de refletir mudanças sazonais e anuais, sendo que os níveis de água precisam ser medidos durante décadas para determinar as tendências gerais (Llamas,

et al., 2000). Esse indicador já costuma ser utilizado em estudos avaliativos sobre degradação da terra (Esdac, 2019).

### **4.3.3 BIOMASSA VEGETAL**

Diversas propriedades do solo podem ser usadas como indicadores da sua qualidade (indicador abstrato), como salinidade, nutrientes, estrutura, matéria orgânica e biodiversidade. Porém esses indicadores frequentemente requerem insumos técnicos específicos e conhecimento que geralmente não estão disponíveis para o usuário da terra local. Ademais, considerando que tanto a produtividade de culturas quanto a de rebanhos (indicadores abstratos) estão profundamente relacionadas com a qualidade do solo, para simplificar o monitoramento e minimizar o número de indicadores, propõe-se que esses três parâmetros sejam monitorados por meio de um único indicador: biomassa vegetal.

A capacidade de uma área verde de capturar carbono e convertê-lo em biomassa (crescimento vegetativo) define a produtividade fundamental do local. A biomassa vegetal é influenciada dentre outros fatores pela precipitação, condição do solo e uso do solo e pode ser monitorada anualmente, ao final da estação chuvosa. A forma de monitoramento da biomassa vai depender do tipo de uso do solo e existem diversas metodologias para que essa avaliação seja realizada localmente pelos usuários de terras (por exemplo, FAO, 2016; GOPA-CBRLM, 2011).

No caso de pastagens, uma forma simples de se monitorar a biomassa vegetal, é a seleção aleatória de parcelas de um metro quadrado em cada gleba, dentro das quais a produção de biomassa pode ser estimada visualmente (Kruger B. , 2006). As parcelas devem ser representativas do estado geral das terras e incluir áreas sob influência das tecnologias de gestão da terra implementadas. Outra forma de monitoramento da biomassa vegetal de forma simples e descomplicada que pode ser aplicada a diferentes usos da terra é o acompanhamento fotográfico de forma padronizada por estacas georreferenciadas em locais específicos pré-determinados. Deve-se anotar a posição e a direção em que a foto é tirada, retornar à mesma posição uma vez por ano (no mesmo momento em que a fotografia foi tirada), comparar a condição atual com a fotografia de referência e tomar notas. As fotografias devem possuir o mesmo ângulo e devem ser acompanhadas de dados

pluviométricos para serem interpretadas (devido ao padrão de intermitência de chuvas da região).

#### **4.3.4 PROFUNDIDADE DO SOLO (MUDANÇAS)**

O solo serve como meio natural para as plantas em crescimento e sua profundidade define o espaço das raízes onde as plantas cumprem suas demandas de água e nutrientes. A capacidade de armazenamento de água no solo e a profundidade efetiva das raízes estão relacionadas principalmente à profundidade do solo. Assim, a perda de solo devido à erosão é uma séria ameaça à qualidade do solo e à produtividade. Os solos do semiárido brasileiro geralmente têm uma profundidade restrita, o que reduz a profundidade do enraizamento e afeta a produtividade das plantas e, conseqüentemente, a renda agrícola. Ademais, a capacidade de armazenamento de água de um solo está relacionada à sua textura, profundidade, quantidade de fragmentos de rocha, material de origem, etc. As mudanças na profundidade do solo podem ser facilmente medidas no campo por meio da leitura de régua instaladas quando da implementação de tecnologias SLM que promovam a retenção de solo, evitando a erosão. Esse indicador já costuma ser utilizado em estudos avaliativos sobre degradação da terra (Esdac, 2019).

#### **4.3.5 PLUVIOMETRIA**

Em um processo de seleção de um conjunto de indicadores como esse, faz-se necessário identificar quais fatores, além dos fatores de interesse, influenciam os indicadores selecionados. Por exemplo, no caso da qualidade das águas superficiais, existem outros fatores que influenciam como, por exemplo, fontes pontuais ou difusas de poluição. Esta é a complexidade do mundo real que normalmente é insuficientemente capturada quando da seleção de indicadores ambientais. Se o objetivo é encontrar o indicador mais eficiente, esse tipo de complexidade não pode e não deve ser ignorado. Neste ponto, informações contextuais serão necessárias para descartar certos fatores e selecionar indicadores de correção para outros fatores. O termo “indicadores de correção” refere-se a indicadores que não são selecionados por terem uma influência direta sobre a questão estudada, mas por ajudarem a corrigir influências de fatores com os quais não se tem interesse em trabalhar (Niemeijer & Groot, 2008)



Em ambientes semiáridos as forças climáticas afetam substancialmente os ecossistemas, visto que a precipitação, principal determinante da produção primária líquida anual, varia marcadamente e estocasticamente dentro e entre os anos (Le Houérouet al., 1988). Propõe-se, dessa forma, o monitoramento da pluviometria. O objetivo deste indicador é funcionar como fator de correção para a compreensão dos impactos da chuva (ou da ausência de chuva) em outros indicadores (como a biomassa vegetal e a profundidade da água subterrânea). Para a medição do indicador, os dados podem ser coletados diariamente em horário fixo pela própria população por meio de pluviômetros simples e inseridos em formulários específicos. Esse indicador já costuma ser utilizado em estudos avaliativos sobre degradação da terra (por exemplo Kruger B. , 2006; Esdac, 2019).

#### **4.3.6 DISCUSSÃO**

Foram selecionados cinco indicadores para o monitoramento da gestão sustentável da terra em áreas rurais do semiárido brasileiro. Propõe-se que a salinidade da água seja monitorada por meio do indicador “condutividade elétrica da água”; a quantidade de água, por meio do indicador “profundidade da água subterrânea”; e o solo por meio dos indicadores “biomassa vegetal” e “profundidade do solo”, os quais possuem relação com a produtividade de culturas e rebanhos. Ainda, foi adicionado à seleção o indicador de correção “pluviometria”.

Essa é uma seleção preliminar de indicadores ambientais, pois os usuários de terra que forem realizar o monitoramento proposto poderão selecionar outros indicadores para monitorar, visto tratar-se de uma metodologia participativa desde as etapas iniciais de planejamento. Por ser simples e fácil de usar, a implementação do monitoramento proposto pode ser fomentada por diversas instituições que possuam projetos que visem à gestão sustentável da terra em áreas rurais do semiárido brasileiro.

Algumas tecnologias SLM possuem efeitos que só podem ser observados a longo prazo, e não no prazo de projetos ou de pesquisas científicas. O monitoramento dos indicadores recomendados deve ser de longo prazo, contínuo, consistente e padronizado. Mudanças em alguns desses indicadores (como a profundidade da água subterrânea e do solo) podem levar anos para acontecer, porém o seu acompanhamento sistemático pode aumentar a intimidade entre o usuário de terra e o seu ambiente natural, favorecendo o

entendimento sobre o ambiente e melhorando a sustentabilidade das decisões de gestão sustentável da terra e demais recursos naturais. Outra vantagem é a de que os benefícios de tecnologias SLM que não podem ser observados no curto prazo de diversos projetos poderão ser evidenciados por esse monitoramento de longo prazo.

. Entende-se que os indicadores recomendados neste trabalho sejam suficientemente simples e acessíveis para que, após treinamento, a coleta de dados seja realizada pelos próprios usuários de terras. Certamente outros indicadores poderão ser definidos localmente, bem como deverão ser seguidas outras etapas visando ao envolvimento e à participação dos usuários de terras, conforme metodologia do monitoramento baseado na comunidade que serviu de referência para esse trabalho. A coleta de dados é apenas parte do processo de monitoramento, sendo um exercício inútil se for utilizado de forma isolada, sem entendimento e sem influenciar a tomada de decisões. Assim, após algum tempo de coleta, devem ser realizadas reuniões para apoiar os usuários da terra na análise e compreensão dos dados, servindo ainda como incentivo para a continuidade das coletas. É importante permitir que os agricultores façam perguntas sobre os dados, o que contribui para a sua melhor compreensão e aceitação. No final desse processo, os participantes devem ser orientados quanto a possíveis opções de gerenciamento da terra, sendo abordadas diferentes preocupações levantadas durante as apresentações e discussões subsequentes. Ao coletar dados sobre esses indicadores e facilitar reuniões regularmente para apresentá-los e discutí-los, são criadas oportunidades para os usuários da terra registrarem as tendências desses importantes indicadores e tomarem decisões oportunas e proativas sobre a gestão sustentável da terra e as melhores formas de reagir a essas mudanças.

## 5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Além dos impactos socioambientais positivos das tecnologias SLM, que costumam corresponder aos objetivos da sua implementação, também foram identificados, por meio de revisão de literatura, potenciais impactos negativos de algumas das tecnologias SLM difundidas no semiárido brasileiro, como por exemplo o aumento da salinidade da água em reservatórios superficiais e submersíveis e a redução da produção de água em bacias hidrográficas devido à arborização.

O exercício de *benchmarking* capturou uma gama de possibilidades de projetos participativos de monitoramento da degradação e gestão sustentável da terra. Cada abordagem serve a um propósito específico e todas podem ser utilizadas em projetos de SLM a serem implementados no contexto do semiárido brasileiro.

Foram selecionados cinco indicadores para o monitoramento da gestão sustentável da terra em áreas rurais do semiárido brasileiro: (i) condutividade elétrica da água; (ii) profundidade da água subterrânea (mudanças); (iii) biomassa vegetal; (iv) profundidade do solo (mudanças); e (v) pluviometria. Trata-se de um conjunto de indicadores fáceis de serem monitorados pelos usuários da terra com um mínimo de tecnologia ou insumos técnicos e a custos acessíveis.

O conjunto de indicadores selecionados poderá ser útil para a implementação de um monitoramento baseado na comunidade em áreas rurais do semiárido brasileiro, de forma semelhante ao que foi realizado pelo projeto Cbrlm (do inglês, Gestão de pastagens e gado baseada na comunidade, da Namíbia). Esse tipo de monitoramento consiste em um processo contínuo de aprendizado que procura atender às necessidades e desafios dos usuários da terra para a conscientização de seus recursos naturais em mutação e documentação dos indicadores mais importantes que influenciam seus meios de subsistência, tornando-os mais conscientes das causas das mudanças em suas terras e auxiliando-os na decisão de estratégias de gestão apropriadas.

## 6 REFERÊNCIAS

- Ab'Saber, A. N. (2003). *Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas*. São Paulo: Ateliê Editorial.
- Abu Hammad, A., & Borresen, T. (2006). Socioeconomic factors affecting farmers' perceptions of land degradation and stonewall terraces in Central Palestine. *Environ Manag*, 37, pp. 380-394.
- Acuña, I. T., Moncayo, F. H., Chavez, F. A., Londoño, C. S., & Castaño, A. M. (jul-set de 2015). De la conservación del suelo al cuidado de la tierra: una propuesta ético-afectiva del uso del suelo. *Ambiente e Sociedade*, pp. 121-136.
- Alves, T. L., Azevedo, P. V., & Cândido, G. A. (2017). Indicadores socioeconômicos e a desertificação no alto curso da bacia hidrográfica do rio paraíba. *Ambiente e sociedade*, 20(2).
- ANA. (2012). *Manual Operativo do Programa Produtor de Água* (2ª ed.). Brasília: Agencia Nacional de Águas.
- ANA. (2017). *Reservatórios do Semiárido Brasileiro: Hidrologia, Balanço Hídrico e Operação*. Brasília: Agência Nacional de Águas.
- Andrade, E. M., Pereira, O. J., & Dantas, F. E. (2010). *Semiárido e o manejo dos recursos naturais: uma proposta de uso adequado do capital natural*. Fortaleza: UFC.
- Andrade, M. C. (1999). *A problemática da seca*. Recife: Líber Gráfica.
- Andréassian, V. (2004). Waters and forests: from historical controversy to scientific debate. *J. Hydrol.*, 291, pp. 1–27.
- Araújo, J. C. (2012). Recursos hídricos em regiões semiáridas. Em INSA, *Recursos hídricos em regiões semiáridas: estudos e aplicações*. (pp. 30-44). Campina Grande: UFRB.
- Arnold, D. (2007). *El futuro de la ciencia del suelo*. Den Haag: Gegevens Koninklijke Bibliotheek.

- ASA. (2001). *Programa de Formação e Mobilização Social Para a Convivência com o Semi-Árido*. Recife: Articulação Semi-Árido.
- Au, J., Bagchi, B., Chen, B., Martinez, R., Dudley, S. A., & Sorger, G. J. (2000). Methodology for public monitoring of total coliforms, Escheri coli and toxicity in waterways by Canadian high school students. *Journal of Environmental Management*, 58, pp. 213-230.
- Azevedo, L. A. (2001). Benchmarking para Instituições de Educação Tecnológica: Ferramenta para a Competitividade. *Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção*. Florianópolis: UFSC.
- Balana BB, M. B. (2012). Cost-benefit analysis of soil and water conservation measure: the case of exclosures in northern Ethiopia. *For Policy Econ*, 15, pp. 27-36.
- Banks, C. (1961). The hydrological effects of riparian and adjoining vegetation. *Forestry South Africa*, 1, pp. 31-45.
- Barbier, E. B. (2000). The economic likages between rural poverty and land degradation: some evidence from Africa. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 82, pp. 355-370.
- Bardhan, P. (2006). Globalization and rural poverty. *World Dev.*, 34(8), pp. 1393-1404.
- Barrera-Bassols, N., & Zinck, J. A. (2000). *Ethnopedology in a worldwide perspective*. Ensched: International Institute for Aerospace and Earth Sciences (ITC).
- Barreto, G., & Godoy, O. (2015). *Caminhos para a agricultura sustentável: princípios conservacionistas para o pequeno produtor rural*. Brasília: IABS.
- Beck, H. E., Bruijnzeel, L. A., van Dijk, A. I., McVicar, T. R., Scatena, F. N., & Schellekens, J. (2013). The impact of forest regeneration on streamflow in 12 mesoscale humid tropical catchments. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 17, pp. 2613-2635.
- Bekele, W., & Drake, L. (2003). Soil and water conservation decision behavior of subsistence farmers in the Eastern Highlands of Ethiopia: a case study of the Hunde-Lafto area. *Ecol Econ*, 46, pp. 437-451.

- Belnap, J. (1998). Environmental auditing: choosing indicators of natural resource condition: a case study in Arches National Park, Utah, USA. *Environ. Manage.*, 22, pp. 635-642.
- Berkes, F. (1999). *Sacred ecology. Traditional ecological knowledge and resource management*. Philadelphia, Pennsylvania.: Taylor&Francis.
- Berkes, F., Colding, J., & Folke, C. (2000). Rediscovery of traditional ecological knowledge as adaptive management. *Ecological Applications*, 10(5), pp. 1251-1262.
- Berkes, F., Folke, C., & Gadgil, M. (1994). Traditional ecological knowledge, biodiversity, resilience and sustainability. Em C. Perrings, K. Mälller, C. Folke, B. O. Jansson, & C. S. Holling, *Biodiversity Conservation* (pp. 269-287). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Bertoni, J., & Lombardi Neto, F. (2012). *Conservação do solo* (8ª ed.). São Paulo: Ícone.
- Bethune, S., & Pallett, J. (2002). *Namibia's second national report on the implementation of the UN convention to combat desertification*. Windhoek : Namibia's Programme to Combat Desertification.
- Binder, C. R., Feola, G., & Steinberger, J. K. (2010). Considering the normative, systemic and procedural dimensions in indicator-based sustainability assessments in agriculture. *Environmental Impact Assessment Review*, 30(2), pp. 71-81.
- Biot, Y., Blaikie, P. M., Jackson, C., & Palmer-Jones, R. (1995). Rethinking research on land degradation in developing countries. *World Bank Discussion Paper No. 289*. Washington DC: World Bank.
- Bockstaller, C., & Girardin, P. (2003). How to validate environmental indicators. *Agric. Syst.*, 76, pp. 639–653.
- Bolli, A., & Emtairah, T. (2001). *Environmental Benchmarking for Local Authorities: from concept to practice, environmental issues*. Sweden: International Institute for Industrial Environmental Economics.

- Bosch, J., & Hewlett, J. (1982). A review of catchment experiments to determine the effect of vegetation changes on water yield and evapotranspiration. *J. Hydrol.*, 55, pp. 3-23.
- Bosch, O. J., Allen, W. J., Williams, J. M., & Ensor, A. H. (1996). An integrated approach for maximising local and scientific knowledge for land management decision-making in the New Zealand high country. *Rangeland Journal*, 18, pp. 23-32.
- Bosch, O. J., Gibson, R. S., Kellner, K., & Allen, W. J. (1997). Using case-based reasoning methodology to maximise the use of knowledge to solve specific rangeland problems. *Journal of Arid Environments*, 35, pp. 549–557.
- Bossel, H. (2001). Assessing viability and sustainability: a systems-based approach for deriving comprehensive indicator sets. *Conserv. Ecol.*, 5(12).
- Bradshaw, B. (2003). Questioning the credibility and capacity of community-based resource management. *The Canadian Geographer*, 47, pp. 137-150.
- Braga, B., Hespanhol, I., Conejo, J., Mierzawa, J., Barros, M., Spencer, M., & Proto, M. (2005). *Introdução à engenharia ambiental: o desafio do desenvolvimento sustentável*. (2ª ed.). São Paulo: Person.
- Brancalion, P. H., Viani, R. A., Rodrigues, R. R., & Gandolfi, S. (2009). Avaliação e monitoramento de áreas em processo de restauração. *Anais do III Simpósio sobre recuperação de áreas degradadas*. São Paulo: Instituto de Botânica.
- Bren, L. (1993). Riparian zone, stream and floodplain issues: a review. *J. Hydrol.*, 150, pp. 277-299.
- Breuer, N. E., Cabrera, V. E., Ingram, K. T., Broad, K., & Hildebrand, P. E. (2008). AgClimate: a case study in participatory decision support system development. *Clim Change*, 87, pp. 385-403.
- Bridges, E., Hannam, I., Oldeman, L., de Vries, F., Scherr, S., & Sombatpanit, S. (. (2001). *Response to Land Degradation* (Vol. xxii). Enfield, NH: Science Publishers.

- Brito, L. T., Silva, D. A., Cavalcanti, N. d., Anjos, J. B., & Rego, M. M. (1999). Alternativa tecnológica para aumentar a disponibilidade de água no semiárido. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 3(1), pp. 111-115.
- Brown, A. E., Zhang, L., McMahon, T. A., Western, A. W., & Vertessy, R. A. (2005). A review of paired catchment studies for determining changes in water yield resulting from alterations in vegetation. *J. Hydrol.*, 310, pp. 28-61.
- Bruijnzeel, L. A. (2004). Hydrological functions of tropical forests: not seeing the soil for the trees? *Agr. Ecosyst. Environ.*, 1004, pp. 185-228.
- Bucagu, C., Vanlauwe, B., Van Wijk, M. T., & Giller, K. E. (2013). Assessing farmers' interest in agroforestry in two contrasting agro-ecological zones of Rwanda. *Agrofor Syst*, 87(1), pp. 141-158.
- Bullock, J., Aronson, J., Newton, A., Pywell, R., & Rey-Benayas, J. (2011). Restoration of ecosystem services and biodiversity: conflicts and opportunities. *Trends Ecol. Evol.*, 26(10), pp. 541-549.
- Bunning, S., McDonagh, J., & Roux, J. (2016). *manual for local level assessment of land degradation and sustainable land management*. Rome: Food and agriculture organization of the United Nations.
- Burney, J. A. (2010). Greenhouse gas mitigation by agricultural intensification. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107, pp. 12052-12057.
- Calmón, M., Brancalion, P., Paese, A., Aronson, J., Castro, P. S., & Rodrigues, R. (2011). Emerging threats and opportunities for large-scale ecological restoration in the Atlantic forest of Brazil. *Rest. Ecol.*, 19(2), pp. 154-158.
- Cáritas Brasileira. (2002). *O semiárido brasileiro*.
- Carolan, M. S. (2006). Science, expertise and the democratization of the decision-making process. *Society and Natural Resources*, 19, pp. 661-668.
- Carr, A. J. (2004). Why do we all need community science. *Society and Natural Resources*, 17, pp. 841-849.



- CBD. (1999). Development of Indicators of Biological Diversity. *Nairobi: Convention on Biological Diversity, subsidiary Body on Scientific, Technical and Technological Advice., Report n° UNEP/CBD/SBSTTA/5/12*, 14.
- Chambers, R. (1997). *Whose Reality Counts? Putting the First Last*. London: IT Publications.
- Chaves, H. M. (25 de Março de 2019). Hidrologia de revitalização de bacias hidrográficas. *Treinamento em práticas conservacionistas na revitalização de bacias hidrográficas*. Brasília: ANA.
- Chaves, H. M., Braga, B., Domingues, A. F., & Santos, D. G. (2004). Quantificação dos Benefícios Ambientais e Compensações Financeiras do "Programa do Produtor de Água" (ANA): I.Teoria. *R. Bras. Rec. Hídricas*, 9, pp. 5-14.
- CNPS. (1997). *Manual de métodos de análise de solo* (2ª ed.). Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de solos.
- Commission, E. (2016). *Open Innovation, Open Science, Open to the World – A vision for Europe*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- Conrad, C. C., & Hilchey, K. G. (2011). A review of citizen science and community-based environmental monitoring: issues and opportunities. *Environ Monit Assess*, 176, pp. 273-291.
- Conrad, C., & Daoust, T. (2008). Community-based monitoring frameworks: Increasing the effectiveness of environmental stewardship. *Environmental Management*, 41, pp. 356-358.
- Costanza, R., Alperovitz, G., Daly, H., Farley, J., Franco, C., Jackson, T., . . . Victor, P. (2013). *Building a Sustainable and Desirable Economy-in-Society-in-Nature*. Canberra: ANU E Press.
- Cramb, R. A., Garcia, J. N., Gerrits, R. V., & Saguiguit, G. C. (1999). Smallholder adoption of soil conservation technologies: evidence from upland projects in the Philippines. *Land Deg Dev*, 10, pp. 405-423.

- Cunha, T. J. (2010). Principais solos do Semiárido Tropical brasileiro: caracterização, potencialidades, limitações, fertilidade e manejo. Em I. B. Sá, & P. C. Silva, *Semiárido brasileiro: pesquisa, desenvolvimento e inovação*. (pp. 49-89). Petrolina: Embrapa Semiárido.
- Dale, V., & Beyeler, S. (2001). Challenges in the development and use of ecological indicators. *Ecological indicators*, *1*, pp. 3-10.
- Daniels, S. E., & Walker, G. B. (1996). Collaborative learning: improving public deliberation in ecosystem-based management. *Environ Impact Assess Rev*, *16*, pp. 71-102.
- Danielsen, F., Burgess, N. D., & Balmford, A. (2005). Monitoring matters: examining the potential of locally-based approaches. *Biodiversity and Conservation*, *14*, pp. 2507–2542.
- Danielsen, F., Burgess, N. D., Balmford, A., Donald, P. F., Funder, M., Jones, J. P., . . . Brashares, J. (2009). Local participation in natural resource monitoring: A characterization of approaches. *Conserv. Biol.*, *23*, pp. 31-42.
- Danielsen, F., Burgess, N. D., Jensen, P. M., & Pirhofer-Walzl, K. (2010). Environmental monitoring: the scale and speed of implementation varies according to the degree of people's involvement. *Journal of Applied Ecology*, *47*, pp. 1166-1168.
- Dawson, T., & Ehleringer, J. (1991). Streamside trees that do not use stream water. *Nature*, *350*, pp. 335-337.
- De Paula, F., Ferraz, S., Gerhard, P., Vettorazzi, C., & Ferreira, A. (2011). Large woody debris input and its influence on channel structure in agricultural lands of southeast Brazil. *Environ. Manage.*, *48*(4), pp. 750-763.
- Dillingham, R., Bern, C., & Guerrant, R. L. (2004). Childhood stunting: measuring and stemming the staggering costs of inadequate water and sanitation. *The lancet*, *363*(9403), pp. 94-95.

- Dobie, P. (2001). Poverty and the drylands. Em UNDP, *The global drylands partnership*. UNDP.
- Dobie, P. (2001). *Poverty and the drylands. The Global Drylands Development*. Nairobi: United Nations Development Programme.
- Dunford, E., & Fletcher, P. (1947). Effect of removal of stream-bank vegetation upon water yield. *Trans. Am. Geophys. Union*, 28(1), pp. 105-110.
- Dye, P., & Poulter, A. (1995). A field demonstration of the effect on streamflow of clearing invasive pine and wattle trees from a riparian zone. *S. Afr. Forestry J.*, 173, pp. 27-30.
- EEA. (1999). Environment in the European Union at the Turn of the Century. *Report No. 2*, 446. Copenhagen: European Environment Agency.
- EEA. (2000). Environmental signals 2000. *Report No. 6*, 109. Copenhagen: European Environment Agency.
- EEA. (2005). *EEA Core Set of Indicators—Guide*. (Vol. Report No. 1/2005). Copenhagen: European Environment Agency.
- Egler, P. C. (2004). Perspectivas de uso no Brasil do processo de Avaliação Ambiental Estratégica. *Série educação e meio ambiente*.
- Embrapa. (1993). *Zoneamento agroecológico do Nordeste: diagnóstico do quadro natural e grossocioeconômico*. Petrolina: Embrapa.
- Embrapa. (2013). *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. Brasília: Embrapa.
- Esdac. (2019). *Sistema Indicador de Desertificação para a Europa Mediterrânea*. Fonte: Centro Europeu de Dados do Solo: <https://esdac.jrc.ec.europa.eu/projects/dis4me>
- Evans, C., Abrams, E., Reltsrna, R., Roux, K., Salmonsens, L., & Marra, P. P. (2005). The Neighborhood Nestwatch Program: Participant outcomes of a citizen science ecological research project. *Conservation Biology*, 19, pp. 589-594.

- Ferreira, G. B., Silva, M. S., Mendonça, C. E., Ribeiro, F. N., Anjos, J. B., & Cunha, T. J. (2008). Barragem subterrânea uma inovação de transformação social para a agricultura familiar. *Anais da Reunião Brasileiro de Manejo e Conservação do solo e da água*. Rio de Janeiro: SBCS.
- Ferreira, H., Cassiolato, M., & Gonzalez, R. (2007). Como elaborar modelo lógico de programas: um roteiro básico. *Nota Técnica*. Brasília: IPEA.
- Fleskens, L., Ataev, A., Mamedov, B., & Spaan, W. P. (2007). Desert water harvesting from takyr surfaces: assessing the potential of traditional and experimental technologies in the Karakum. *Land Deg Dev*, 18, pp. 17-39.
- Fleskens, L., Irvine, B., Kirkby, M. J., Nainggolan, D., Reed, M. S., & Termansen, M. (2009). *A model that integrates the main biophysical and socio-economic processes interacting within an agro-ecosystem*. Desire.
- Fleskens, L., Kirkby, M. J., & Irvine, B. J. (21 de Abril de 2016). The PESERA-DESMICE modeling framework for spatial assessment of the physical impact and economic viability os land degradation mitigation technologies. *Frontiers en environmental science*, 4 (31), pp. 1-17.
- Fleskens, L., Nainggolan, D., & Stringer, L. C. (2013). An Exploration of Scenarios to Support Sustainable Land Management Using Integrated Environmental Socio-economic Models. *Environmental Management*, 54, pp. 1005-1021.
- Foley, J. D. (2005). Global consequences of land use. *Science*, 309, pp. 570-574.
- Folke, C., Carpenter, S., Elmqvist, T., Gunderson, L., Holling, C., & Walker, B. (2009). Resilience and sustainable development: building adaptive capacity in a world of transformations. *Ambio: A Journal of the Human Environment*, 31(5), pp. 437-440.
- Fonseca, V. H. (2011). Seleção de indicadores ecológicos para avaliação da restauração de áreas degradadas.
- Forsyth, T. (2003). *Critical Political Ecology: The Politics of Environmental Science*. London: Routledge.

- Fraser, E. D., Dougill, A. J., Mabee, W. E., Reed, M., & McAlpine, P. (2006). Bottom up and top down: analysis of participatory processes for sustainability indicator identification as a pathway to community empowerment and sustainable environmental management. *Journal of Environmental Management*, 78, pp. 114-127.
- Freebairn, D. M., & King, C. A. (2003). Reflections on collectively working toward sustainability: indicators for indicators! *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 43, pp. 223–238.
- Friedel, M. H., Stuart-Hill, G. C., & Walsh, D. (2004). What engages the interest of land managers in rangeland monitoring? *African Journal of Range and Forage Science*, 21, pp. 89-100.
- Funceme. (2002). *Projeto estudo da qualidade das águas em reservatórios superficiais da bacia metropolitana*. Fortaleza: Fundação cearense de meteorologia e recursos hídricos.
- Funceme. (2016). *Recuperação de área degradada em processo de desertificação na sub-bacia hidrográfica do riacho do Brum no município de Jaguaribe-CE*. Ceará: Fundação cearense de meteorologia e recursos hídricos.
- Furtado, D. A., Baracuh, J. G., & Francisco, P. R. (2013). *Difusão de tecnologias apropriadas para o desenvolvimento sustentável do semiárido brasileiro*. Campina Grande: EPGRAF.
- Gaiser, T., Krol, M., Frischkorn, H., & Araújo, J. C. (2003). *Global change and regional impacts*. Berlin: Springer-Verlag.
- Gardner, T. (2010). Improving Conservation through Ecologically Responsible Management. Em *Monitoring Forest Biodiversity* (pp. 291-311). London: Earthscan.
- Garfi, M., Ferrer-Martí, L., Bonomi, A., & Tondelli, S. (2011). Multi-criteria analysis for improving strategic environmental assessment of water programmes: A case study in semi-arid region of Brazil. *Journal of Environmental Management*, 92, pp. 665-675.

- Geist, H. (2005). *The causes and progression of desertification*. Aldershot: Ashgate Publishing Limited.
- Getz, W., Fortmann, L., Cumming, D., du Toit, J., Hilty, J., Martin, R., . . . Owen-Smith, N. (1999). Sustaining natural and human capital: villagers and scientists. *Science*, 283, pp. 1855-1856.
- Gibson, C. C., Williams, J., & Ostrom, E. (2005). Local enforcement and better forests. *World Dev*, 33(2), pp. 273-284.
- Gnadlinger, J., Silva, A. d., & Brito, L. T. (2007). P1+2: Programa uma terra e duas águas para um semiárido sustentável. Em L. T. Brito, M. S. Moura, & G. F. Gama, *Potencialidades da água de chuva no Semi-Árido brasileiro* (pp. 62-77). Petrolina: Embrapa Semiárido.
- Goldsmith, B. (1991). *Monitoring for conservation and ecology*. London: Chapman & Hall.
- Gomes, G. M. (2001). *Velhas secas em novos sertões: continuidade e mudanças na economia do Semiárido e dos Cerrados nordestinos*. Brasília: IPEA.
- Gopa-Cbrlm. (2011). *Community Based Rangeland and Livestock Management: New possibilities for restoring grassland and prosperity to rural areas*. Oshakati: Solitaire Press.
- Graham, J., Charles, A., & Bull, A. (2006). *Community fisheries management handbook*. Halifax: Saint Mary's University.
- GTDN. (1959). *Uma política de desenvolvimento econômico para o Nordeste*. Rio de Janeiro: Departamento de Imprensa Nacional.
- Gualdani, C., Fernández, L., & Guillén, M. L. (2015). *Convivência com o semiárido brasileiro: reaplicando saberes através de tecnologias sociais*. Brasília: IABS.
- Guerra, A. J. (2008). Processos erosivos nas encostas. Em A. J. Guerra, & S. B. Cunha, *Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos*. (8ª ed., pp. 149-209). Rio de Janeiro: Bertrand.

- Güntner, A., & Bronstert, A. (2004). Representation of landscape variability and lateral redistribution processes for largescale hydrological modelling in semi-arid areas. *Journal of Hydrology*, 297, pp. 136-161.
- Hammond, A., Adriaanse, A., Rodenburg, E., Bryant, D., & Woodward, R. (1995). *Environmental Indicators: A Systematic Approach to Measuring and Reporting on Environmental Policy Performance in the Context of Sustainable Development*. Washington: World Resources Institute.
- Hengsdijk, H., & Meijerink, G. W. (2005). Modeling the effect of three soil and water conservation practices in Tigray, Ethiopia. *Agric Ecosyst Environ*, 105, pp. 29-40.
- Hibbert, A. (1967). *Forest Treatment Effects on Water Yield*. New York: Pergamon Press.
- Holdren, J. P. (2015). Addressing Societal and Scientific Challenges through Citizen Science and Crowdsourcing. *Memorandum to the Heads of Executive Departments and Agencies*. Washington DC: White House Office of Science and Technology Policy.
- Homer-Dixon, T. F. (1999). *Environment, scarcity and violence*. Nova Jersey: Princeton University Press.
- Hoogmoed, M. (July de 2007). Master Thesis Hydrogeology. Amsterdam: VU University.
- Hornbeck, J., Adams, M., Corbett, E., Verry, E., & Lynch, J. (1993). Long-term impacts of forest treatments on water yield: a summary for Northeastern USA. *J. Hydrol.*, 150, pp. 323-344.
- Ingebo, P. (1971). Suppression of channel-side chaparral cover increases streamflow. *J. Soil Water Conserv.*, 26(2), pp. 79-81.
- Inmet. (s.d.). *Normais climatológicas do Brasil*. Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas>
- INSA. (2011). *Desertificação e mudanças climáticas no semiárido brasileiro*. Campina Grande: Instituto Nacional do Semiárido.

- Jacomine, P. K. (2002). Caracterização do estágio atual dos solos sob caatinga. Em Q. R. Araújo, *500 anos de uso do solo no Brasil*. (pp. 365-398). Ilhéus: Editus.
- Jetten, V., Farshad, A., Shrestha, D., Hesse, I. R., & Schwilch, G. (2009). *Establishment of a common methodology to streamline monitoring and measurement across the areas and facilitate integration and comparison*. DESIRE Report 14. Fonte: <http://www.desire-his.eu/en/implementing-field-trials/methodologies/184-field-measuring-and-monitoring-methods>
- Jorgensen, S., Xu, F., Salas, F., & Marques, J. (2010). Application of indicators for the assessment of ecosystem health. Em J. S.E., F. Xu, & R. Costanza, *Handbook of Ecological Indicators for Assessment of Ecosystem Health*. (pp. 5-65). Boca Raton: Taylor & Francis.
- Kellner, K., & Moussa, A. (2009). African Journal of Range & Forage Science. *A conceptual tool for improving rangeland management decision-making at grassroots level: the local-level monitoring approach*, 26(3), pp. 139-147.
- Keough, H. L., & Blahna, D. J. (2006). Achieving integrative, collaborative ecosystem management. *Conservation Biology*, 20, pp. 1373-1382.
- Kirkby, M. J., Irvine, B. J., Jones, R. J., & Govers, G. (2008). The PERSERA coarse scale erosion model for Europe: I-model rationale and implementation. *Eur J Soil Sc*, 59, pp. 1293-1306.
- Klintonberg, P., Kruger, A. S., & Seely, M. (2007). Community-driven local level monitoring: Recording environmental change to support multi-level decision-making in Namibia. *Sécheresse*, 18, pp. 336-341.
- Knowles, T., McCall, M., Skutsch, M., & Theron, L. (2010). Engaging Local Communities in the Mapping and MRV requirements of REDD+. Em X. Zhu, L. R. Møller, T. de Lopez, & M. R. Zaballa, *Pathways for Implementing REDD+: Experiences from Carbon Markets and Communities*. (pp. 141-156). Roskilde: Risø National Laboratory for Sustainable Energy, Technical University of Denmark.



- König, H., Sghaier, M., Schuler, J., Abdeladhim, M., Helming, K., Tonneau, J., . . . Wiggering, H. (2012). Participatory impact assessment of soil and water conservation scenarios in Oum Zessar watershed, Tunisia. *Environm Manag*, *50*, pp. 153-165.
- Koohafkan P, A. M. (2012). Green agriculture: foundations for biodiverse, resilient and productive agricultural systems. *Int J Agric Sustain*, *10*, pp. 61-75.
- Köppen, W., & Geiger, R. (1928). *Klimate der Erde*. Gotha: Justus Perthes.
- Kosmas, C., Tsara, M., Moustakas, N., & Karavitis, C. (2003). Identification of indicators for desertification. *Annals of Arid Zone*, *42 (3&4)*, pp. 393-416.
- Kruger, B. (2006). *Towards Participatory Rangeland Management in the Eastern Communal Areas of Namibia*. Windhoek: Desert Research Foundation of Namibia.
- Kruger, L. E., & Shannon, M. A. (s.d.). Getting to know ourselves and our places through participation in civic social assessment. *Society and Natural Resources*, *13*, pp. 461-478.
- Kurtz, J., Jackson, L., & Fisher, W. (2001). Strategies for Evaluating Indicators Based on Guidelines from the EPA. 49-60. Environmental Protection Agency's Office of Research and Development Ecological Indicators.
- Lacombe, G., Ribolzi, O., Rouw, A., Pierret, A., Latsachak, K., Silvera, N., . . . Valentin, C. (2016). Contradictory hydrological impacts of afforestation in the humid tropics evidenced by long-term field monitoring and simulation modelling. *Hydrology and Earth System Sciences*, *20*, pp. 2691-2704.
- Lacy, J. (2011). Cropcheck: farmer benchmarking participatory model to improve productivity. *Agric Syst*, *104*, pp. 562-571.
- Lakshminarayanan, S. (2007). Using citizens to do science versus citizens as scientists. *Ecology and Society*, *12*.
- Laris, P. (2002). Burning the seasonal mosaic: preventative burning strategies in the wooded savanna of Southern Mali. *Human Ecology*, *30(2)*, pp. 155-186.

- Le Houérou, H. N., Bingham, R. L., & Skerbek, W. (1988). Relationship between the variability of primary production and the variability of annual precipitation in world arid lands. *Journal of Arid Environments*, 15, pp. 1-18.
- Legg, C. J., & Nagy, L. (2006). Why most conservation monitoring is, but need not be, a waste of time. *Journal of Environmental Management*, 78, pp. 194-199.
- Lepsch, I. F. (2011). *19 lições de pedologia*. São Paulo: Oficina de Textos.
- Llamas, M. R., Henández-Mora, N., & Martinez, L. C. (2000). *El uso sostenible de las aguas subterráneas*. Madrid: Fundación Marcelino Botín.
- Lynam, T., Jong, W., Sheil, D., Kusumanto, T., & Evans, K. (2007). review of tools for incorporating community knowledge, preferences and values into decision making in natural resources management. *Ecology and Society*, 12, pp. 5-18.
- Mace, G. M., & Baillie, J. E. (2007). The 2010 biodiversity indicators: challenges for science and policy. *Conservation Biology*, 21, pp. 1406-1413.
- Maddrell, S., & Neal, I. (2012). *Sand Dams: a Practical Guide*. London: Excellent Development.
- Magrini, A. (1990). A avaliação de impactos ambientais. Em *Meio ambiente: aspectos técnicos e econômicos*. Brasília: Pnud/Ipea.
- Manoel Filho, J. (2000). Ocorrência das águas subterráneas. Em F. A. Feitosa, & J. Manoel Filho, *Hidrogeologia: conceitos e aplicações* (pp. 13-33). Fortaleza: CPRM.
- Mariano, J. B. (Março de 2007). Tese: Proposta de metodologia de avaliação integrada de riscos e impactos ambientais para estudos de avaliação ambiental estratégica do setor de petróleo e gás natural em áreas offshore. Rio de Janeiro: UFRJ.
- Matambo, S. T., & Seely, M. (2013). *Combating Desertification with Tools for Local-Namibia: Combating Land Degradation with Tools for Local-Level Decision Making*. Washington DC: World Resources Report.

- McCall, M. K. (2012). *Applying participatory-GIS and Participatory mapping to participatory spatial planning utilising Local & Indigenous spatial knowledge*. Enschede: University of Twente and Morelia.
- MEA. (2005). *Ecosystems and human well-being: synthesis*. Washington: Island Press.
- Meadows, M., & Hoffman, T. (2003). Land degradation and climate change in South Africa. *The Geographical Journal*, 169, pp. 168-177.
- Mendonca, C. E., Ferreira, G. B., Chaves, V. C., Silva, M. S., Anjos, J. B., & Mendes, A. M. (2007). Caracterização de atributos químicos e físicos em solos de barragens subterrâneas no nordeste. *Resumos do V Congresso Brasileiro de Agroecologia*. 2, pp. 1608-1611. Guarapari: Rev. Bras. de Agroecologia.
- Miller, K. R. (1990). Hacia la sostenibilidad de la conservación y el desarrollo. *Memorias del Simposio Internacional de Ecobios*. Bogotá.
- MMA. (2002). *Avaliação ambiental estratégica*. Brasília: SQA.
- MMA. (2002). *Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da caatinga*. Brasília: SBF.
- MMA. (2005). *Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca*. Brasília: MMA.
- MMA. (2012). *Documento Base do Programa Água Doce*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente.
- MMA. (2018). URAD: Unidades de Recuperação de Áreas Degradadas e Redução da Vulnerabilidade Climática. *Tutorial*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente.
- Molion, L. C. (1995). Secas: o entorno. *revista ciência hoje*, 3(18), pp. 23-32.
- Mullen, M. W., & Allison, B. E. (1999). Stakeholder involvement and social capital: Keys to water watershed management success in Alabama. *Journal of the American Water Resources Association*, 35, pp. 655-662.

- Nachtergale, F. O., & Licon-Manzur, C. (2008). The Land Degradation Assessment in Drylands (LADA) Project: reflections on indicators for land degradation assessment. Em S. T. Lee C, *The future of drylands: International Scientific Conference on Desertification and Drylands Research* (pp. 327-348). Tunisia.
- Nali, C., & Lorenzini, G. (2007). Air quality survey carried out by schoolchildren: An innovative tool for urban planning. *Environmental Monitoring and Assessment*, 131, pp. 201-210.
- NCSSF. (2005). *Science, Biodiversity and Sustainable Forestry: A Findings Report of the National Commission on Science for Sustainable Forestry*. Washington: National Commission on Science for Sustainable Forestry.
- Neill, C., Deegan, L., Thomas, S., Hauptert, C., Krusche, A., Ballester, V., & Victoria, R. (2006). Deforestation alters the hydraulics and biogeochemical characteristics of small lowland Amazonian streams. *Hydrol. Process.*, 20, pp. 2563-2580.
- Niemeijer, D., & Groot, R. S. (2008). A conceptual framework for selecting environmental indicator sets. *Ecological Indicators*, 8(1), pp. 14-25.
- Niemi, G., & McDonald, M. (2004). Application of ecological indicators. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.*, 35, pp. 89–111.
- NRC. (2000). *Ecological Indicators for the Nation*. Washington: National Academy Press.
- OECD. (1998). *Towards Sustainable Development: Environmental Indicators*. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development.
- OECD. (2001). *Environmental Indicators: Towards Sustainable Development*. Paris: Organisation for Economic Cooperation and Development.
- Oliveira, J. B. (2008). *Pedologia Aplicada*. Piracicaba: Fealq.
- Oliveira, V. H., Parente, J. I., & Saunders, L. C. (1995). Irrigação em cajueiro anão precoce: uma perspectiva promissora. *Revista Frutar*, Fortaleza.

- Palmer Fry, B. (2011). Community forest monitoring in REDD?: the ‘M’ in MRV? *Environ Sci Policy*, 14, pp. 181–187.
- Pannell, D. J. (2003). What is the value of a sustainability indicator? Economic issues in monitoring and management for sustainability. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, pp. 239–243.
- Pannell, D., & Glenn, N. (2000). A framework for the economic evaluation and selection of sustainability indicators in agriculture. *Ecol. Econ.*, 33, pp. 135–149.
- Patel, M., Kok, K., & Rothman, D. (2007). Participatory scenario construction in land use analysis: an insight into the experiences created by stakeholder involvement in the Northern Mediterranean. *Land Use Policy*, 24(3), pp. 546-561.
- Pellizzoni, L. (2001). The myth of the best argument: power, deliberation and reason. *The British Journal of Sociology*, 52, pp. 59-86.
- Pereira, R., Roque, F., Constantino, P., Sabino, J., & Uehara-Prado, M. (2013). *Monitoramento in situ da biodiversidade*. Brasília: ICMBio.
- Perroux, K. M., & White, I. (1988). Designs for disc permeameters. *Soil Science Society of America Journal*, 52, pp. 1205–1215.
- Petschel-Held, G., Block, A., Cassel-Gintz, M., Kropp, J., Ludeke, M., Moldenhauer, O., . . . Schellnhuber, H. (1999). Syndromes of Global Change: a qualitative modelling approach to assist global environmental management. *Environmental Modeling and Assessment*, 4, pp. 295-314.
- Pires, L., Bacchi, O., Correchel, V., Reichardt, K., & Filippe, J. (2009). Riparian forest potential to retain sediment and carbon evaluated by the <sup>137</sup>Cs fallout and carbon isotopic ratio techniques. *An. Acad. Bras. Cienc.*, 81(2), pp. 271-279.
- Pollen, N. (2007). Temporal and spatial variability in root reinforcement of streambanks: accounting for soil shear strength and moisture. *Catena*, 69, pp. 197-205.
- Pollock, R. M., & Whitelaw, G. S. (2005). Community based monitoring in support of local sustainability. *Local Environment*, 10, pp. 211-228.

- Prager, K., Helming, K., & Hagedorn, K. (2011). The challenge of developing effective soil conservation policies. *Land Deg Dev*, 22, pp. 1-4.
- Prell C, H. K. (2007). If you have a hammer everything looks like a nail: “traditional” versus participatory model building. *Interdiscipl Sci Rev*, 32, pp. 1-20.
- Pretty, J. (1995). Participatory learning for sustainable agriculture. *World Development*, 23(8), pp. 1247-1263.
- Pretty, J. (2003). Social capital and the collective management of resources. *Science*, 302, pp. 142-148.
- Pretty, J., Guijt, I., Thompson, J., & Scoones, I. (1995). *Participatory learning and action: A trainer’s guide*. London: IIED Participatory Methodology Series.
- Prinsloo, F., & Scott, D. (1999). Streamflow responses to the clearing of alien invasive trees from riparian zones at three sites in the western Cape province. *S. Afr. Forestry J.*, 185, pp. 1-7.
- Procasur. (2016). *Abrindo caminhos para a aprendizagem e inovação no semiárido*. Brasil.
- Ramos, T. B. (2009). Development of regional sustainability indicators and the role of academia in this process: the Portuguese practice. *Journal of Cleaner Production*, 17, pp. 1101-1115.
- Raymond, C. M., Fazey, I., Reed, M. S., Stringer, L. C., Robinson, G. M., & Evely, A. C. (2010). Integrating local and scientific knowledge for environmental management: from products to processes. *J Environ Manag*, 91, pp. 1766-1777.
- Rebouças, A. d., & Marinho, M. E. (1972). *Hidrologia das secas: Nordeste do Brasil*. Recife: Sudene.
- Redpath, S., Young, J., Evely, A., Adams, W., Sutherland, . W., A, W., . . . Gutiérrez, R. (2013). Understanding and managing conservation conflicts. *Trends Ecol Evol*, 28(2), pp. 100-109.

- Reed, M. S. (2005). Participatory rangeland monitoring and management in the Kalahari, Botswana. *PhD thesis*. UK: University of Leeds.
- Reed, M. S., & Dougill, A. J. (2009). Linking degradation assessment to sustainable land management: a decision support system for Kalahari pastoralists. *Journal of Arid Environments*. doi:10.1016/j.jaridenv.2009.06.016
- Reed, M. S., Buenemann, M., Athlopheng, J., Akhtar-Schuster, M., Bachmann, F., Bastin, G., . . . al., e. (2011). Cross-scale monitoring and assessment of land degradation and sustainable land management: a methodological framework for knowledge management. *Land Deg Dev*, 22, pp. 261-271.
- Reed, M. S., Dougill, A. J., & Baker, T. R. (2008). Participatory indicator development: what can ecologists and local communities learn from each other. *Ecological Applications*, 18, pp. 1253–1269.
- Reed, M., & Dougill, A. (2002). Participatory selection process for indicators of rangeland condition in the Kalahari. *The Geographical Journal*, 168, pp. 224-234.
- Reed, M., Fraser, E. D., Morse, S., & Douguill, A. (2005). Integrating methods for developing sustainability indicators to facilitate learning and action. *Ecology and Society*, 10(1), pp. 1-6.
- Reigner, I. (1966). method of estimating steamflow loss by evapotranspiration from the riparian zone. *Forest Sci.*, 12(2), pp. 130–139.
- Reynolds, J., Stafford Smith, D., Lambin, E., Turner II, B., Mortimore, M., Batterbury, S., . . . Walke. (2007). Global desertification: building a science for dryland development. *Science*, 316, pp. 847-851.
- Ribeiro, D. (1995). *O povo brasileiro: a formação e o sentido do Brasil*. São Paulo: Companhia das Letras.
- Ridley, A. M., Paramore, T. R., Beverly, C. R., Dunin, F. X., & Froelich, V. M. (2003). Developing environmental monitoring tools from sustainability indicators in the southern Riverina. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 43, pp. 271–284.

- Riechmann, J. (2000). Aldo Leopold, los orígenes del ecologismo estadounidense y la ética de la tierra. Em *Una ética de la tierra*. Madrid: La catarata.
- Riley, J. (2000). Summary of the discussion session contributions to topic 1: what should a set of guidelines with regard to indicators contain? *UNIQUAIMS Newslett.*, 10, pp. 5-6.
- Robertson, D. P., & Hull, R. B. (2001). Beyond Biology: Toward a more public ecology for conservation. *Conservation Biology*, 15, pp. 970-979.
- Robinson, J., Clouston, B., Suh, J., & Chaloupka, M. (2008). Are citizens' juries a useful tool for assessing environmental value? *Environmental Conservation*, 35(4), pp. 351-360.
- Rowe, P. (1963). Streamflow increases after removing woodland-riparian vegetation from a southern California watershed. *J. Forestry*, 61(5), pp. 365-370.
- Rowell, D. L. (1995). *Soil Science, Methods & Applications*. England: Longam Group Limited.
- Rycroft, H. (1955). The effect of riparian vegetation on water-loss from an irrigation furrow at Jonkershoek. *S. Afr. Forestry J.*, 26, pp. 2-9.
- Sachs, I. (1993). Estratégias de transição para o século XXI. Em M. (. Bursztyn, *Para pensar o desenvolvimento sustentável*. São Paulo: Brasiliense.
- Sachs, I. (29 de Abril de 2000). Rumo à segunda revolução verde. *O Estado de São Paulo*.
- Safriel, U., & Adeel, Z. (2005). Dryland systems. Em R. Hassan, R. Scholes, & A. N, *Ecosystems and human well-being, current state and trends* (Vol. 1, pp. 625-658). Washington: Island Press.
- Safriel, U., & Adeel, Z. (Abril de 2008). Development paths of drylands: thresholds and sustainability. *Sustainability Science*, 3(1), pp. 117-123.
- Sahin, V., & Hall, M. (1996). The effects of afforestation and deforestation on water yields. *J. Hydrol.*, 178, pp. 293-309.



- Salemi, L. F., Groppo, J. D., Trevisan, R., Moraes, J. M., Lima, W. P., & Martinelli, L. A. (2012). Riparian vegetation and water yield: A synthesis. *Journal of Hydrology*, pp. 195-202.
- Sampaio, E. V. (1995). Overview of the Brazilian Caatinga. Em S. H. Bullock, H. A. Mooney, & E. Medina, *Seasonally Dry Tropical Forests*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Sanchez, G. F., & Matos, M. M. (2012). Marcos Metodológicos para Sistematização de Indicadores de Sustentabilidade da Agricultura. *Cadernos [SYN]THESIS*, 5(2), pp. 255-267.
- Santos, J. P., & Frangipani, A. (1978). Barragens submersas: uma alternativa para o Nordeste brasileiro. *Anais do congresso brasileiro de geologia e engenharia*. 1, pp. 119-126. São Paulo: ABGE.
- Sanz, M., de Vente, J., Chotte, J. L., Bernoux, M., Kust, G., Ruiz, I., . . . M., A.-S. (2017). *Sustainable Land Management contribution to successful land-based climate change adaptation and mitigation*. Bonn: United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD).
- Schomaker, M. (1997). Development of environmental indicators in UNEP. Em *Paper Presented at the Land Quality Indicators and their Use in Sustainable Agriculture and Rural Development* (pp. 35-36). Rome: FAO.
- Schwilch, G., Bachmann, F., & Liniger, H. P. (2009). Appraising and selecting conservation measures to mitigate desertification and land degradation based on stakeholder participation and global best practices. *Land Deg Dev*, 20, pp. 308-326.
- Schwilch, G., Bachmann, F., Valente, S., Coelho, C., Moreira, J., Laouina, A., . . . Reed, M. S. (2012). A structured multi-stakeholder learning process for sustainable land management. *J Environ Manag*, 107, pp. 52-63.
- Scott, D. (1999). Managing riparian zone vegetation to sustain streamflow: results of paired catchment experiments in South Africa. *Can. J. Forestry Res.*, 29, pp. 1149-1157.

- Scott, D. (2005). On the hydrology of industrial timber plantations. *Hydrol. Process.*, 19, pp. 4203-4206.
- Segan, D. B., Bottrill, M. C., Baxter, P. W., & Possingham, H. P. (2011). Using conservation evidence to guide management. *Cons Biol*, 25, pp. 200-202.
- Sema. (2011). Monitoramento em áreas de recuperação. *Cadernos da mata ciliar*. São Paulo: SMA.
- Semarh/PB. (2000). Plano simplificado de gestão de recursos hídricos. João Pessoa: Secretaria de meio ambiente e recursos hídricos da Paraíba.
- Sento Sé, C. (2017). *Semeando saberes, inspirando soluções: Boas Práticas na Convivência com o Semiárido*. Brasília: IICA.
- Sheil, D. (2001). Conservation and biodiversity monitoring in the tropics: realities, priorities, and distractions. *Conservation Biology*, 15, pp. 1179-1182.
- Silva, F. B. (Fevereiro de 2012). Evaporação em barragem subterrânea no semiárido pernambucano: estudo de caso. *Dissertação de mestrado*. Recife: UFPE.
- Silva, P. C., Moura, M. S., Kill, L. H., BRITO, L. T., Pereira, L. A., Sa, I. B., . . . Guimarães Filho, C. (2010). Caracterização do semiárido brasileiro: fatores naturais e humanos. Em I. B. Sá, & C. G. Silva, *Semiárido brasileiro: pesquisa, desenvolvimento e inovação*. (pp. 17-48). Petrolina: Embrapa Semiárido.
- Silva, R. M. (jan./dez. de 2003). Entre dois paradigmas: combate à seca e convivência com o semi-árido. *Sociedade e Estado*, 18(1/2), pp. 361-385.
- Silva, S. D., Medeiros, V. P., & Silva, A. B. (Fevereiro de 2016). Tecnologias sociais hídricas para convivência com o semiárido: o caso de um assentamento rural do município de cabaceiras-PB. *Holos*, 1, pp. 295-309.
- Simmons, R., Gold, A., & Groffman, P. (1992). Nitrate dynamics in riparian forests: groundwater studies. *J. Environ. Qual.*, 21, pp. 659-665.

- Skutsch, M. M., McCall, M. K., & Larrazabal, A. P. (2013). Balancing views on community monitoring: the case of REDD+. *Biodivers Conserv*, 23, pp. 233-236.
- Slocombe, D. (1998). Forum: defining goals and criteria for ecosystem-based management. *Environ. Manage.*, 22, pp. 483–493.
- Smeets, E., & Weterings, R. (1999). Environmental Indicators: Typology and Overview. *Report No. 25*, 19. Copenhagen: European Environment Agency.
- Smith, C. (1992). Riparian afforestation effects on water yields and water quality in pasture catchments. *J. Environ. Qual.*, 21, pp. 237–245.
- Smith, P. B. (2014). Agriculture, forestry and other land-use. Em *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change*. (pp. 811-922). Cambridge: Cambridge University Press.
- Sousa, M. F. (Julho de 2013). Conceitos básicos em monitoramento e avaliação. *Curso de ambientação para servidores do INEP*. Brasília: ENAP.
- Sparovek, G., Ranieri, S., Gassner, A., De Maria, I., Schnug, E., Santos, R., & Joubert, A. (2002). A conceptual framework for the definition of the optimal width of riparian forests. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 9(2), pp. 169-175.
- Stapenhurst, T. (2009). *The benchmarking book: a how-to guide to best practice for managers and practitioners*. Taylor & Francis Group.
- Stednick, J. (1996). Monitoring the effects of timber harvest on annual water yield. *J. Hydrol.*, 176, pp. 79–95.
- Strauch, M., Lima, J. E., Volk, M., Lorz, C., & Makeschin, F. (2013). The impact of Best Management Practices on simulated streamflow and sediment load in a Central Brazilian catchment. *Journal of Environmental Management*, 127, pp. s24-s36.
- Stringer, L. C., & Dougill, A. J. (2013). Channelling scientific knowledge on land issues into policy: enabling best-practices from research on land degradation and sustainable land management in dryland Africa. *J Environ Manag*, 114, pp. 328-335.

- Stringer, L. C., & Reed, M. S. (2007). Land degradation assessment in southern Africa: integrating local and scientific knowledge bases. *Land Degradation & Development*, 18, pp. 99-116.
- Stringer, L. C., Fleskens, L., Reed, M. S., de Vente, J., & Zengin, M. (2013). Participatory Evaluation of Monitoring and Modeling of Sustainable Land Management Technologies in Areas Prone to Land Degradation. *Environmental Management*, 54, pp. 1022-1042.
- Stringer, L., Dougill, A., Thomas, A., Spracklen, D., Chesterman, S., Ifejika Speranza, C., . . . Mkwambisi, D. (2012). Challenges and opportunities in linking carbon sequestration, livelihoods and ecosystem service provision in drylands. *Environmental Science and Policy*, 19-20, pp. 121-135.
- Suassuna, J. A. (1994). Pequena irrigação do nordeste: algumas preocupações. *Revista ciência hoje*, 8(104), pp. 38-43.
- Sudene. (2017). Fonte: Delimitação do Semiárido: <http://sudene.gov.br/delimitacao-do-semiarido>
- Sutherland, W. J., Pullin, A. S., Dolman, P. M., & Knight, T. M. (s.d.). The need for evidence-based conservation. *Trends Ecol Evol*, 19, pp. 305–308.
- Swart, R., Bakkes, J., Niessen, L., Rotmans, J., de Vries, H., & Weterings, R. (1995). *Scanning the Global Environment: A Framework and Methodology for Integrated Environmental Reporting and Assessment*. (Vol. Report No. 402001002). Bilthoven: RIVM.
- Tabacchi, E., Lambs, L., Guillo, H., Planty-Tabacchi, A., Muller, E., & Décamps, H. (2000). Impacts of riparian vegetation on hydrological processes. *Hydrol. Process.*, 14, pp. 2959-2976.
- Tenge, A. J., Okoba, B. O., & Sterk, G. (2007). Participatory soil and water conservation planning using a financial analysis tool in the West Usambara highlands of Tanzania. *Land Deg Dev*, 18, pp. 321-337.

- Tiffen, M., Mortimore, M., & Gichuki, F. (1994). *More people less erosion: Environmental recovery in Kenya*. Chichester: Wiley.
- Tittonell P, G. K. (2013). When yield gaps are poverty traps: the paradigm of ecological intensification in African smallholder agriculture. *Field Crops Res*, 143, pp. 76-90.
- Torres, A. B., Acuña, L. A., & Vergara, J. M. (2014). Integrating CBM into Land-Use Based Mitigation Actions Implemented by Local Communities. *Forests*, 5, pp. 3295-3326.
- Tucker, M., & Napier, T. L. (2002). Preferred sources and channels of soil and water conservation information among farmers in three midwestern US watersheds. *Agric Ecosyst Environ*, 92, pp. 297-313.
- Turner, K. G., Anderson, S., Gonzales-Chang, M., Costanza, R., Courville, S., Dalgaard, T., . . . Wratten, S. (14 de Agosto de 2015). A review of methods, data, and models to assess changes in the value of ecosystem services from land degradation and restoration. *Ecological Modelling*, 319, pp. 190-207.
- Unccd. (2013). *Advice on how best measure progress on strategic objectives 1, 2 and 3 of The Strategy*. Windhoek, Namibia: United Nations to Combat Desertification.
- Unccd. (August de 2017). Sustainable Land Management for Climate and People. *Science-policy Brief 03*. UNCCD (Science Policy Interface).
- Unep. (2012). *Inclusive Wealth Report 2012. Measuring Progress Toward Sustainability*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Walker, B. C. (2002). Resilience management in social–ecological systems: a working hypothesis for a participatory approach. *Conserv. Ecol.*, 6(14).
- Wascher, D. (2000). *Agri-Environmental Indicators for Sustainable Agriculture in Europe*. Tilburg: European Centre for Nature Conservation.
- Watson, G. H. (1994). *Benchmarking Estratégico*. São Paulo: Amkron Books.
- Webber, L. M., & Ison, R. L. (1995). Participatory rural appraisal design: conceptual and process issues. *Agricultural Systems*, 47, pp. 107-113.

- Western, D. (2004). The challenge of integrated rangeland monitoring: synthesis address. *African Journal of Range and Forage Science*, 21, pp. 129–136.
- Whitelaw, G., Vaughan, H., Craig, B., & Atkinson, D. (2003). Establishing the Canadian Community Monitoring Network. *Environmental Monitoring and Assessment*, 88, pp. 409-418.
- Whitfield, S., & Reed, M. S. (2012). Participatory environmental assessment in drylands: Introducing a new approach. *Journal of Arid Environments*, 77, pp. 1-10.
- Wilmsen, C. (2008). Partnerships for empowerment: participatory research for community-based natural resource management. Em C. Wilmsen, W. F. Elmendorf, L. Fisher, J. Ross, B. Sarathy, & G. Wells, *Partnerships for empowerment: participatory research for community-based natural resource management*. (pp. 1-23). London: Earthscan.
- Wocat. (s.d.). *Wocat*. Fonte: <https://www.wocat.net/en/>
- Zégre, N., Skaugset, A. E., Som, N. A., McDonnell, J. J., & Ganio, L. M. (2010). In lieu of the paired catchment approach: hydrologic model change detection at the catchment scale. *Water Resour. Res.*, 46, p. W11544.
- Zhang, L., Dawes, W., & Walker, G. (2001). Response of mean annual evapotranspiration to vegetation changes at catchment scale. *Water. Resour. Res.*, 37, pp. 701-708.
- Zimmerer, K. S. (1993). Soil erosion and labor shortages in the Andes with special reference to Bolivia, 1953–1991: implications for “conservation-with-development”. *World Dev*, 21, pp. 1659–1675.

## ANEXO 1 – TABELA DE INDICADORES DE SLM DO WOCAT

Tabela I - Indicadores utilizados pelo projeto Lada-local e Desire para avaliação de tecnologias SLM. Fonte: Wocat, sd.

Indicadores socioeconômicos	Indicadores ambientais
produção da cultura	quantidade de água
qualidade da cultura	qualidade da água
produção de forragem	coleta / armazenamento de água
qualidade da forragem	escoamento superficial
produção animal	drenagem da água
produção de madeira	lençol freático / aquífero
qualidade florestal	evaporação
produção florestal não madeireira	umidade do solo
risco de falha de produção	cobertura do solo
diversidade de produtos	perda de solo
área de produção	acumulação de solo
gestão da terra	ciclagem de nutrientes / recarga
geração de energia	salinidade
disponibilidade de água potável	matéria orgânica no solo / C abaixo do solo
qualidade de água potável	acidez
disponibilidade de água para pecuária	cobertura vegetal
qualidade de água para pecuária	biomassa / C abaixo do solo
disponibilidade de água para irrigação	diversidade de plantas
qualidade da água para irrigação	invasão de espécies exóticas
demanda por água de irrigação	diversidade animal
despesas em insumos agrícolas	espécies benéficas (predadores, polinizadores, minhocas)
renda agrícola	espécies nocivas (ex. mosquitos)
diversidade de fontes de renda	diversidade de habitats
disparidades econômicas	doenças e pragas
carga de trabalho	impactos de inundações
segurança alimentar / auto-suficiência	deslizamentos / fluxo de detritos

Tabela I - Indicadores utilizados pelo projeto Lada-local e Desire para avaliação de tecnologias SLM. Fonte: Wocat, sd. (Continuação)

<b>Indicadores socioeconômicos</b>	<b>Indicadores ambientais</b>
situação de saúde	impactos de secas
direitos de uso da terra /água	impactos de ciclones / tempestades
oportunidades culturais	emissão de carbono e gases do efeito estufa
oportunidades recreativas	risco de incêndio
instituições comunitárias	velocidade do vento
instituições nacionais	microclima
entendimento de SLM / degradação da terra	
mitigação de conflitos	
situação de grupos socialmente e economicamente desfavorecidos	



## ANEXO 2 – FIGURAS ILUSTRATIVAS SOBRE O MONITORAMENTO DE SLM



Figura I - Diferentes cenários de disponibilidade de biomassa vegetal em parcelas de um metro quadrado. Fonte: Kruger, 2006.



Figura II - Visualização de aumento na biomassa vegetal por meio de fotografias em ponto fixo de um pedaço de terra. Extraído de Gopa-Cbrlm, 2011.



Figura III - Pluviômetro simples utilizado para o monitoramento local baseado na comunidade, na Namíbia. Extraído de Gopa-Cbrlm (2011).



Figura IV - Pluviômetros artesanais utilizados em estudo sobre impactos de barragens subterrâneas, no Kênia. Extraído de Hoogmoed (2007).