

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO  
PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS

ANNA CLAUDIA DOS SANTOS

**PADRÃO TECNOLÓGICO E SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS DE  
PASTAGENS NO CERRADO BRASILEIRO: ESTUDO DE CASO NA BACIA  
HIDROGRÁFICA DO RIO VERMELHO**

GOIÂNIA  
2022



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
GERÊNCIA DE CURSOS E PROGRAMAS INTERDISCIPLINARES

## TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO (TECA) PARA DISPONIBILIZAR VERSÕES ELETRÔNICAS DE TESES

### E DISSERTAÇÕES NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a [Lei 9.610/98](#), o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

O conteúdo das Teses e Dissertações disponibilizado na BDTD/UFG é de responsabilidade exclusiva do autor. Ao encaminhar o produto final, o autor(a) e o(a) orientador(a) firmam o compromisso de que o trabalho não contém nenhuma violação de quaisquer direitos autorais ou outro direito de terceiros.

#### 1. Identificação do material bibliográfico

Dissertação     Tese

#### 2. Nome completo do autor

Anna Claudia Dos Santos

#### 3. Título do trabalho

Padrão tecnológico e serviços ecossistêmicos de pastagens no cerrado brasileiro: estudo de caso na Bacia Hidrográfica do Rio Vermelho

#### 4. Informações de acesso ao documento (este campo deve ser preenchido pelo orientador)

Concorda com a liberação total do documento  SIM     NÃO<sup>1</sup>

**[1]** Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. Após esse período, a possível disponibilização ocorrerá apenas mediante:

**a)** consulta ao(à) autor(a) e ao(à) orientador(a);

**b)** novo Termo de Ciência e de Autorização (TECA) assinado e inserido no arquivo da tese ou dissertação. O documento não será disponibilizado durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro;
- Publicação da dissertação/tese em livro.

**Obs. Este termo deverá ser assinado no SEI pelo orientador e pelo autor.**



06/05/2022, às 16:18, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

---



Documento assinado eletronicamente por **ANNA CLÁUDIA DOS SANTOS, Discente**, em 06/05/2022, às 16:22, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

---



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.ufg.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **2885908** e o código CRC **E973B6DC**.

---

ANNA CLAUDIA DOS SANTOS

**PADRÃO TECNOLÓGICO E SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS DE  
PASTAGENS NO CERRADO BRASILEIRO: ESTUDO DE CASO NA  
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERMELHO**

Tese apresentada ao Programa de Ciências Ambientais (CIAMB), da Pró-reitoria de Pós-graduação da Universidade Federal de Goiás (UFG) como requisito para obtenção do título de doutorado em Ciências Ambientais.

Área de concentração: Estrutura e Dinâmica Ambiental

Linha de Pesquisa: Monitoramento e análise de recursos naturais.

**Orientador:** Professor Doutor Fausto Miziara

**GOIÂNIA**

**2022**

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

Santos, Anna Claudia

Padrão tecnológico e serviços ecossistêmicos de pastagens do cerrado brasileiro: estudo de caso na Bacia Hidrográfica do Rio Vermelho [manuscrito] / Anna Claudia dos Santos. - 2022.

CXXXV, 135 f.

Orientador: Prof. Dr. Fausto Miziara.

Tese de Doutorado - Universidade Federal de Goiás, Pró-reitoria de Pós-graduação (PRPG), Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Goiânia, 2022.

1. Serviços Ecossistêmicos. 2. Pastagem. 3. Cerrado. 4. Bacia Hidrográfica do Rio Vermelho. 5. Produtividade Primária Bruta - GPP.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS

GERÊNCIA DE CURSOS E PROGRAMAS INTERDISCIPLINARES

### ATA DE DEFESA DE TESE

Ata Nº **20** da sessão de Defesa de Tese de **Anna Claudia dos Santos** que confere o título de Doutora em **Ciências Ambientais**, na área de concentração em **Estrutura e Dinâmica Ambiental**.

Aos **vinte e nove dias do mês de setembro de 2021**, a partir das **14 horas**, na **sala virtual**: <meet.google.com/fhf-oixj-dvf>, realizou-se a sessão pública de Defesa de Tese intitulada "**Padrão tecnológico e serviços ecossistêmicos de pastagens no cerrado brasileiro: estudo de caso na Bacia Hidrográfica do Rio Vermelho**". Os trabalhos foram instalados pelo Orientador, Professor Doutor **Fausto Miziara (FCS/UFG)** com a participação dos demais membros da Banca Examinadora: Professor Doutor **Gabriel Alves Veloso (PPGEO/UFG)**, membro titular externo; Professor Doutor **Pedro Alves Vieira (UEG)**, membro titular externo, Professora Doutora **Daniela de Melo e Silva (ICB/UFG)**, membro titular interno; Professora Doutora **Karla Maria Silva de Faria (IESA/UFG)**, membro titular interno. Durante a arguição os membros da banca **não** sugeriram alteração do título do **trabalho**. A Banca Examinadora reuniu-se em sessão secreta a fim de concluir o julgamento da Tese tendo sido a candidata **aprovada** pelos seus membros. Proclamados os resultados pelo Professor Doutor **Fausto Miziara**, Presidente da Banca Examinadora, foram encerrados os trabalhos e, para constar, lavrou-se a presente ata que é assinada pelos Membros da Banca Examinadora, aos **vinte e nove dias do mês de setembro de 2021**.

#### TÍTULO SUGERIDO PELA BANCA



Documento assinado eletronicamente por **Fausto Miziara, Professor do Magistério Superior**, em 05/04/2022, às 14:10, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Daniela De Melo E Silva, Professor do Magistério Superior**, em 05/04/2022, às 14:13, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **ANNA CLÁUDIA DOS SANTOS, Discente**, em 05/04/2022, às 14:15, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Pedro Alves Vieira, Usuário Externo**, em 05/04/2022, às 15:26, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

Documento assinado eletronicamente por **Karla Maria Silva De Faria, Professor do Magistério**



**Superior**, em 06/04/2022, às 09:04, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.ufg.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **2811189** e o código CRC **022B4D3F**.

---

**Referência:** Processo nº 23070.051520/2021-95

SEI nº 2811189

---

A todos os pequenos pecuaristas como meu avô, que carregaram a antiga pecuária no lombo, e que necessitam de apoio e capacitação nessa abertura tecnológica necessária para contenção do desmatamento.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a possibilidade de ter cursado um ensino público de qualidade e adquirido conhecimento científico através da ajuda de uma agência de fomento CNPq, que possibilitou meu sustento básico neste período.

Embora esteja em um país cercado de problemas relativos à educação, graças a profissionais qualificados e sonhadores colocados em meu caminho, tive a oportunidade de alcançar voos rumos ao doutorado. A começar pela minha mãe, professora do ensino básico público, foi minha alfabetizadora e grande incentivadora. Aos meus professores de geografia, história e ciências do ensino fundamental da Escola Municipal Eng. Antônio Félix, que me trouxeram um primeiro contato com o método científico. Estes também, me apresentaram a Universidade Federal de Goiás e nunca descreditaram a possibilidade de que um dia poderia estudar na mesma.

A minha primeira orientadora e grande amiga Profa. Dra. Adriana Rosa Carvalho, com quem fiz iniciação científica, a responsável pelo despertar acadêmico em minha formação.

Ao meu orientador no processo de doutoramento Prof. Dr. Fausto Miziara, que com muita sabedoria me ensinou a arte da objetividade com seu conhecimento e experiências, que foram primordiais para a finalização deste árduo processo.

Ao Prof. Dr. Gabriel Veloso, um amigo e grande pesquisador da produtividade primária bruta em áreas de pastagens no Brasil. Tive a honra de aprender com ele a arte do SEBAL e a

A Universidade Federal de Goiás representada pelo Lapig/IESA, laboratório do qual tive ricos ensinamentos e foi suporte para o desenvolvimento da minha expertise em geotecnologias, coordenado pela profa. Dra. Elaine Barbosa da Silva, que me ensinou a ser uma professora e pesquisadora, além de compartilhar ricos ensinamentos que levarei para vida. Ao Prof. Dr. Laerte Guimarães Ferreira pelo apoio junto a projetos e financiamentos para a execução das atividades de campo. Aos professores Manoel, Nilson, Noely, e aos colegas de pós-graduação Adriano, Janete, Gabriel, Fernando, Erika, Flávia, Leandro, Marlon e Genival.

Ao CIAMB por todo suporte e ricos ensinamentos durante as disciplinas estritamente necessárias, Profa. Karla, Francis, Agustina, Paulo DeMarco.

Aos colegas de caminhada que contribuíram para a execução dos campos Elis Regina, Donizete (RAN/ICMbio), Ernane, Prof Pedro Vieira, Gislaine e análises de solo, a toda equipe de solos da agronomia que gentilmente nos cedeu seu espaço e conhecimentos.

Ao Prof Dr. Arleu Viana e Prof. Dr. Alexandre Pinto pelos conhecimentos compartilhados acerca da cienciometria realizada no presente trabalho.

Aos meus avós por todo amor e carinho, estes que desde cedo ensinaram a uma jovem o que é resiliência e força de viver.

A minha amiga Mariana pela parceria de anos, crescimento pessoal e mudanças. A minha amiga Débora por inúmeros desabafos relativos ao processo de crescimento pessoal.

Ao meu amigo de caminhada Lucas por sábias discussões, estas que foram primordiais para o amadurecimento e despertar de uma inteligência emocional.

Gratidão a cada conversa e ligação aos amigos de caminhada, que me ensinam a fazer ciência aberta e compartilhada, sem egos e demagogias.

Por último, mas não menos importante, a todos os proprietários e trabalhadores rurais da Bacia Hidrográfica do Rio Vermelho, que me receberam em suas casas transmitindo todo seu conhecimento empírico de forma generosa. Esse trabalho é para cada um de vocês!

## RESUMO

Seguindo a crescente preocupação com a sustentabilidade em diversas cadeias produtivas, a pecuária de corte tem buscado enfrentar seus principais desafios: a mitigação de gases de efeito estufa em áreas de pastagem, associada a uma maior produção de carne, ocupando uma menor área. Associado aos desafios para a sustentabilidade cabe ressaltar os possíveis impactos positivos que a pecuária pode desempenhar por meio de serviços ecossistêmicos, uma vez que os sistemas de produção a pasto são percebidos como possivelmente grandes sumidouros de carbono devido à alta produtividade orgânica acima e abaixo dos solos. Assim, nosso objetivo é testar se existe relação entre preditores que indicam serviços ecossistêmicos (representado pela produtividade primária bruta com os níveis de tecnificação nas propriedades rurais que se localizam na Bacia Hidrográfica do Rio Vermelho (GO). Para tanto foram pesquisadas 60 propriedades selecionadas de forma a garantir a representatividade das propriedades da bacia e indicar com elevada acuraria a diversidade na adoção de tecnologia pelas unidades produtivas na região. Essas propriedades foram pesquisadas por meio de questionários, observação de campo e utilização de imagens satelitárias. Com esta pesquisa foi possível identificar em uma escala local (de propriedade) os impactos da tecnificação sob diferentes condições topográficas e de solo. A integração das análises da GPP em consonâncias com as boas práticas de manejo se mostrou eficaz para análise do serviço de sequestro de carbono nas pastagens. Evidenciando a importância do investimento em aporte tecnológico na mitigação de carbono, tornando ativos ambientais uma nova commodity a ser incorporada à carne *in natura*. O que pode elevar o patamar da produção brasileira, aumentando a competitividade no mercado internacional, além de contribuir para a regulação climática, manutenção dos solos e poupando que novas áreas sejam abertas para este setor.

Palavras-chave: Serviços Ecossistêmicos, Pastagem, Cerrado, Produtividade Primária Bruta (GPP).

## ABSTRACT

The concern with sustainability has made the beef cattle sector face its main challenge: the mitigation of greenhouse gases in pasture areas, associated with greater meat production, occupying a smaller area. Associated with the challenges for sustainability, it is worth highlighting the possible positive impacts that livestock can play through ecosystem services, since pasture production systems are perceived as possibly large carbon sinks due to high organic productivity above and below the ground. Thus, our objective is to test whether there is a relationship between predictors that indicate ecosystem services (represented by the GPP) with the levels of technification in rural properties located in the Rio Vermelho River Basin (GO). For this purpose, 60 selected properties were researched in order to guarantee the representativeness of the basin's properties and to indicate with high accuracy the diversity in the adoption of technology by the productive units in the region. These properties were researched through questionnaires, field observation and the use of satellite images. With this research, it was possible to identify, at a local (property) scale, the impacts of technification under different topographic and soil conditions. The integration of GPP analyzes in line with good management practices proved to be effective for analyzing the carbon sequestration service in pastures. Evidencing the importance of investment in technological support in carbon mitigation, turning environmental assets into a new commodity to be incorporated into fresh beef. This can raise the level of Brazilian production, increasing competitiveness in the international market, in addition to contributing to climate regulation, soil maintenance and saving new areas from being opened up for this sector.

Key words: Ecosystem Services, Pasture, Cerrado, Gross Primary Productivity (GPP).

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	7
<b>2. CAPÍTULO 1. SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS DE PASTAGENS NO CERRADO BRASILEIRO</b> .....	19
<b>3. CAPÍTULO 2. BIOMASSA E ESTOQUE DE CARBONO EM PASTAGENS NO CERRADO: UM ESTUDO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERMELHO (GOIÁS)</b> .....	44
<b>4. CAPÍTULO 3. SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS DE PASTAGENS SOB DISTINTOS PADRÕES DE MANEJO: UM ESTUDO DE CASO NO CERRADO BRASILEIRO</b> .....	64
<b>5. CONCLUSÃO FINAL</b> .....	106
<b>6. APÊNDICES</b> .....	
10610	

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

Os recursos naturais são a fonte para a vida humana: a água, plantas e animais, o uso de terra fértil, regulação climática que impulsionou o desenvolvimento de diversas atividades e a própria sobrevivência da humanidade. A exploração desses recursos permitiu que a economia mundial atingisse um crescimento médio anual de 2,8% a partir de 1995 (RIEKHOF, 2019), em contrapartida, os humanos estão em débito com a terra, consumindo muito além do que o planeta consegue suprir (ADEDYOYIN, 2021). A extração de recursos mais que duplicou, desde 1970, provocando a perda de diversidade biológica e o aumento do estresse hídrico em 90% (SCHANES, 2019).

O modo como ocorreu a exploração não sustentável dos recursos ao longo da história fez com que, eventualmente, muitas civilizações entrassem em colapso. Desde a mesopotâmia, aos maias, império khmer, romano e muito outros, não conseguiram ser sustentáveis a ponto de manterem as bases de subsistências em seus territórios (DIAMOND, 2005). As perturbações provocadas pelo homem atingem dimensões incontroláveis quando os impactos não são entendidos de forma sistêmica e complexa. A sobreexploração de um recurso natural poderá gerar além de esgotamento, um distúrbio em todo um ciclo ecossistêmico. As abelhas, por exemplo, graças à função polinizadora, foram responsáveis pela diversidade na terra, sendo primordiais para a existência de vegetação, mas com o aumento da antropização e uso de insumos agrícolas, este serviço poderá ser comprometido (INGRAM, 2018).

Um dos agravantes da superexploração é o aumento da taxa de extinção das espécies, em que se tem 10 a 30% das espécies de mamíferos, pássaros, e anfíbios ameaçadas de extinção (precisão média a alta), além do colapso da produção pesqueira, degradação e erosão dos solos, instabilidade climática, que interfere em toda a dinâmica ecossistêmica, além de comprometer a produção agropecuária. O reconhecimento dessa situação levou a sociedade a se mobilizar para a tomada de medidas voltadas para a manutenção de processos ecológicos que são preponderantes para a manutenção de funções que se traduziram em serviços para a sociedade (DIAZ, 2005). Principalmente pelo fato de que a degradação das funções essenciais dos ecossistemas levará a problemas que reduzirão substancialmente os benefícios fornecidos às gerações futuras (DIAZ, 2006; MEA, 2005).

A grande exploração dos recursos naturais orientou as tomadas de decisões a respeito de princípios ecológicos, bens e serviços naturais ou ambientais, que induzem ao bem-estar humano através de funções ecossistêmicas (De GROOT, 1987). Estas que, quando tratadas de

forma implícita para a ideia de valor humano, são constantes interações existentes entre os elementos estruturais de um ecossistema, que desencadeiam uma série de benefícios utilizados pelo ser humano, isto é, são produtos dos processos ecossistêmicos que o homem se apoderou para seu desenvolvimento. Assim, a fim de encontrar um ponto de equilíbrio entre homem e natureza, estas funções foram exploradas e entendidas como processos naturais que garantem a sobrevivência das espécies no planeta e têm a capacidade de prover bens e serviços que satisfazem necessidades do homem de forma direta ou indireta (CONSTANZA, 1997).

Para estabelecer uma base científica que fundamentasse as ações necessárias para assegurar a conservação e uso sustentável dos ecossistemas e suas relações com o bem-estar humano cientistas de mais de 100 países se reuniram, como um marco para arena política do ano 2000, inspirados no IPCC (Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas). Este Painel teve por objetivo determinar em que medida as mudanças nos ecossistemas já afetaram as pessoas, como poderão afetá-las futuramente, e de que forma alternativamente, a partir de uma gestão integrada, poderá conter a pobreza em consonância com a conservação da biodiversidade. As conclusões foram preocupantes, ressaltando que as modificações causadas pela humanidade nos últimos 50 anos nos ecossistemas foram mais rápidas e extensivas que em quaisquer intervalos de tempo equivalentes na história (M.E.A., 2005). A partir desta abordagem, envolvendo o papel da biodiversidade e processos ecológicos, os serviços ecossistêmicos foram identificados como o conjunto de benefícios fornecidos à sociedade derivados dos variados recursos e funções presentes em ecossistemas naturais (M.E.A., 2004; LIMA, 2017).

Um dos fatores que se mostra preponderante na perda significativa de biodiversidade e serviços ecossistêmicos e poderá interferir na dinâmica das funções ecossistêmicas é a rápida expansão e a gestão insustentável das culturas agropecuárias. Aproximadamente 40% das emissões históricas de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) dos últimos dois séculos e cerca de 20% das emissões deste mesmo gás na década de 90, foram originados de mudanças no uso e ocupação dos solos, principalmente relacionadas a aberturas de novas terras para cultivo pelo desmatamento (FEARNSIDE, 2002; DIAS, 2010).

A mudança dos ecossistemas naturais no mundo e a intensificação da agenda ambiental acarretaram um aumento no número de publicações que ligam a biodiversidade e serviços ecossistêmicos em todos os países, especialmente para os EUA, China e Brasil. Isso decorre da importância desses países em fornecer e demandar serviços ecossistêmicos (SUN, 2017),

incluindo *commodities* importantes, além de possuírem uma megadiversidade (RANDS, 2010; TORRES, 2017).

A literatura científica produzida nessa perspectiva mostra que paisagens que priorizam apenas a produção de *commodities* obtêm benefícios sociais e ambientais menores, em relação àquelas que fornecem outros tipos de serviços ecossistêmicos, como a qualidade de água, sequestro de carbono e ciclagem de nutrientes. Mostra-se assim, que é possível fornecer altos níveis de serviços múltiplos considerando compromissos de uso da terra e visando cuidadosamente a alocação destas atividades. Torna-se imprescindível mensurar estes serviços, para que sua importância seja claramente demonstrada (RAMANKUTTY, 2008; POWER, 2010; BACCINI, 2012).

A provisão de serviços ecossistêmicos em sistemas agropecuários é temática de relevância internacional, devido à busca incessante por produção alimentar em consonância com a preservação ambiental (SOUSSANA 2007, 2010). Em pastagens europeias, por exemplo, os desafios são na compreensão dos *trade-off* entre a produção e a prestação dos serviços ecossistêmicos (SOUSSANA, 2014). A intensificação e o aumento de produtividade não podem sobrepor os possíveis serviços prestados pelas pastagens, como o sequestro de carbono, proteção da qualidade do solo e regulação hídrica. Estes que por sua vez estão ligados a processos do ecossistema, como a fotossíntese e a decomposição da matéria orgânica no solo, que também fazem parte dos ciclos globais de carbono e nitrogênio, tornando parte importante nesses ciclos biogeoquímicos e na capacidade de adaptação desses ecossistemas à perturbação e à mudança ambiental global (ANDRADE, 2005; GROSHANS, 2018).

A manutenção e provisão de serviços ecossistêmicos em áreas de pastagem, não se equiparam àquelas prestadas originalmente, devido à perda pela biodiversidade, interações e funções do ecossistema pioneiro (SOUSSANA, 2014). Novos ecossistemas, como os sistemas agropecuários, que já modificaram a paisagem de 37% do planeta, surgiram em resposta a distúrbios e alterações ambientais provocados por atividades humanas. Estes sistemas, compostos de novas combinações de espécies e características abióticas, são cada vez mais comuns e podem ser capazes de manter a resiliência ecológica do meio, devido a traços específicos das espécies que fazem com que estas exerçam um importante papel no funcionamento ecossistêmico, amenizando o impacto da atividade (SEASTED, 2008; HOOBBS, 2009; VAN MECHELEN, 2015).

Os ecossistemas de pastagem necessitam dos diversos serviços ecossistêmicos oriundos de remanescentes naturais, que os tornam mais sustentáveis e resistentes a perturbações

estocásticas. Desde a regulação do fluxo de água, reduzindo os fluxos de pico e inundações, pela composição de espécies de enraizamento profundo que podem melhorar a disponibilidade de água e nutrientes para outras espécies no ecossistema, como as gramíneas utilizadas na pecuária. Além do armazenamento de água no solo que é regulado pela cobertura vegetal, matéria orgânica do solo e a comunidade biótica do solo (bactérias, fungos, minhocas, etc.), que irá assegurar umidade e disponibilidade de recurso para a cultura por mais tempo durante o ano (POWER, 2010).

O que se busca são medidas para conter a grave perda das funções provocadas com as trocas e substituições de ecossistemas originais, como os remanescentes de florestas em todo o mundo. Além disso, é imprescindível ressaltar que a busca para a melhoria da gestão de novos ecossistemas é para que estes sejam altamente produtivos e resilientes, para que não haja necessidade de novas aberturas de remanescentes naturais (CARPENTIER, 2017). Para isso, uma das soluções para que sistemas pecuários sejam mais autossustentáveis, tornando-se provedores e reguladores de seus próprios serviços ecossistêmicos, é uma integração balanceada entre todos os componentes deste novo ecossistema, solo, animal, planta e atmosfera. Nos sistemas convencionais de cultura de pastagem, o gado é meramente um predador das plantas, e conseqüentemente do solo, assim favorecendo o declínio do sistema, assim que o recurso se tornar escasso.

Ao se entender a pastagem como uma junção entre gramínea africana e o boi asiático, adotando os tipos de tecnologias necessárias para o aumento de sua produtividade, foi possível alavancar a economia do país, entretanto todo o incremento tecnológico deve-se associar a uma capacitação dos produtores, para que seja levada em consideração a inter-relação entre as partes do sistema. (EUCLIDES, 2008) Estas práticas de manejo que buscam a conservação do solo, em consonância com as peculiaridades da planta e períodos climáticos, o tornará um excelente beneficiador em ganhos de produtividade (MELADO, 2007).

No Brasil, com aproximadamente 165 milhões de hectares de pastagem presentes em biomas com características edafoclimáticas, geomorfológicas e econômicas diferentes, o desafio de entender estas culturas de gramíneas exóticas se torna ainda maior (LAPIG, 2017). Para tanto, as pastagens como novos ambientes, que adentraram na savana brasileira devem ser compreendidas de forma dinâmica, um conjunto de relações entre solo, planta, animal e clima, de forma sistêmica. Com isso é necessário um melhor entendimento da dinâmica desses novos sistemas, que são um conjunto de espécies com características diferentes das originais do Cerrado e até que ponto substituições funcionais alteram as propriedades do ecossistema, como

produtividade, taxas de decomposição, ciclagem de nutrientes e resistência e resiliência a perturbações (HARBONE, 2014; ELLER, 2017).

Um dos principais biomas afetados pelo avanço das pastagens é o Cerrado Brasileiro, considerado um grande produtor de *commodities*. Cerca de 50 % de seu território foi perdido para o agronegócio, em altas taxas de desmatamento, gerando em torno de 1% ao ano, três vezes maiores que na Amazônia (MapBIOMAS, 2017). Além disso, a proteção fraca (apenas 7,5% do Cerrado é coberto por áreas protegidas) coloca em risco a sua enorme biodiversidade e serviços ecossistêmicos. A perda total de estoque de carbono no Cerrado é de 385 milhões de toneladas de carbono (MtC), que é quase o dobro do estoque garantido em todas as áreas protegidas atualmente estabelecidas no bioma (MEDEIROS & YOUNG, 2011). O que torna emergente a necessidade de recuperação de áreas degradadas, já que o aumento do desmatamento poderá alavancar a liberação de carbono em mais de mil toneladas de carbono por hectare. Além disso, 18,3% das nascentes intermitentes encontram-se atualmente em terras com necessidade de restauração (PINTO, 2012).

O controle das pastagens degradadas no Cerrado torna-se primordial para o aumento da produtividade e a contenção de abertura de novas áreas. Para isso uma das medidas em tramitação é o Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura, Plano ABC. Dentre as atuações do plano 75 % dos investimentos estão se concentrando na recuperação de pastagens degradadas, promovendo melhorias ao rendimento do setor e mitigando gases de efeito estufa. Outros aspectos a serem considerados no plano, é a integração lavoura-pecuária e lavoura-pecuária-floresta; fixação biológica de nitrogênio; sistema de plantio direto; tratamento de dejetos animais e florestas plantadas (PLANO ABC, 2018; BRITO, 2018).

Os resultados advindos de melhorias após os incentivos do plano ABC já demonstram que recuperar 15 mil hectares degradados podem reduzir as emissões em 40,2 mil toneladas de CO<sub>2</sub> eq/ano (ABC, 2020). O que deixa o Brasil a par de suas metas firmadas no acordo de Paris, em que assumiu restaurar e reflorestar 12 milhões de hectares florestais, 15 milhões de hectares de pastagens degradadas. Assim, além de serviços reguladores dos gases de efeito estufa, a recuperação de pastagens degradadas, poderá contribuir na conservação do solo e da água, no aumento do teor de matéria orgânica do solo e de carbono do solo, fertilidade e da reciclagem de nutrientes. Com isso ocorrerá um aumento da atividade biológica do solo, recuperando a produtividade em áreas de pastagens marginais, podendo até ser estabelecida a implementação

de ILPF. Quadro ideal para um aumento da produtividade agrícola e da renda do produtor rural (MOREIRA, 2020; PLANO ABC, 2020).

A fim de ter um panorama geral das ações que priorizem o ganho de serviços ecossistêmicos feitas para o Bioma Cerrado realizamos uma pesquisa exhaustiva através de uma cienciometria que buscou identificar qual o direcionamento das pesquisas que abordam a temática em áreas de pastagens, focando em diferentes níveis de análise, como por exemplo, artigos, periódicos, pesquisadores e instituições, frequência de citação, fator de impacto. Todas essas métricas serão importantes para se entender os caminhos que as instituições de pesquisa e ensino estão tomando acerca da preocupação mundial em relação a perda de serviços prestados pela natureza e se estes estão em consonância com o que vem sendo abordado mundialmente. Esse panorama internacional serve de instrumento para analisar o caso do Brasil e principalmente o Cerrado, haja vista a visibilidade internacional deles quando se refere à biodiversidade e produção de alimentos.

A partir de uma densa busca literária notou-se que no Cerrado os ganhos em serviços ecossistêmicos em áreas de pastagem podem ser medidos através da avaliação do sistema solo, planta e atmosfera, a partir de medições do estoque de carbono no solo, ciclagem de nutrientes pelas plantas forrageiras, evapotranspiração e eficiência da utilização da energia. Segundo Assad (2013), no Brasil há uma necessidade de estudos detalhados sobre mudanças nos estoques de carbono do solo devido ao constante uso e mudança da terra. Por isso, nesse estudo, foram realizadas campanhas de coletas de solo, gramíneas forrageiras (biomassa subterrânea e aérea) e características biofísicas em áreas de pastagem com diferentes manejos em uma Bacia Hidrográfica no estado de Goiás. A partir da relação desses parâmetros com os diferentes tipos de manejo, foi possível inferir a magnitude dos serviços ecossistêmicos prestados por este ecossistema, como a ciclagem de nutrientes, estoque de carbono, taxas de evapotranspiração, valores de albedo. A Bacia Hidrográfica do Rio Vermelho possui um mosaico diferenciado de tipos solos, declividade, vegetação e manejo da atividade de bovinocultura que é a mais representativa da região, e mais importante, um dos principais afluentes do Rio Araguaia. Além de ser considerado um laboratório natural, bem explorada por diferentes estudos nos campos da geografia, geologia física e ciências ambientais (VIEIRA, 2014; SANTOS, 2017)

Além dos aspectos biofísicos e ecológicos, um importante fator que é primordial para a maior resiliência do sistema pastagem e assim, nos ganhos ambientais, são os parâmetros socioambientais. O terceiro artigo desta tese pretende identificar a relação entre o padrão

tecnológico da pecuária e os serviços ecossistêmicos. Para isso, foram aplicados 60 questionários em regiões distintas da mesma bacia escolhida para as coletas biofísicas.

Nessa perspectiva uma pecuária mais voltada para a sustentabilidade pode conter a perda de terras para a agricultura e diminuir a emissão de gases de efeito estufa. Espera-se que a junção de conhecimentos a respeito dos serviços ecossistêmicos in loco, manejo em áreas de pastagem e seus aspectos socioeconômicos e biofísicos, contribuam para um bom entendimento sobre esses sistemas, e melhorias em políticas públicas.

Dessa forma a tese se propõe a responder um conjunto de questões inter-relacionadas:

1. Como a literatura analisa os serviços ecossistêmicos de pastagens, especialmente no cerrado brasileiro?
2. Qual a relação entre estoque de carbono no solo e o teor de matéria orgânica em pastagens na Bacia Hidrográfica do Rio Vermelho (GO)?
3. Qual a relação entre preditores que indicam serviços ecossistêmicos (representado pela GPP) com os níveis de tecnificação nas propriedades rurais que se localizam na Bacia Hidrográfica do Rio Vermelho?

### **Resumo de estruturação da Tese**

A tese foi estruturada em três capítulos que buscam compreender a relação dos serviços ecossistêmicos com as pastagens no Cerrado (Figura. 1). O CAPÍTULO I (Análise Cienciométrica dos serviços ecossistêmicos prestados por áreas de pastagem no bioma Cerrado) foi desenvolvido com base em uma cienciométrica crítica que buscar identificar os trabalhos acerca dos serviços ecossistêmicos em pastagens no Bioma Cerrado, adquirido a partir de informações reportadas na literatura, tanto por trabalhos de campo, modelagem ou revisão literária. As lacunas do conhecimento também foram descritas, visando direcionar o caminho de pesquisas futuras. O CAPÍTULO II foi desenvolvido com o objetivo de analisar a eficiência das pastagens com *Brachiaria brizantha* no estoque de carbono no solo; todas essas variáveis extraídas a partir de um extenso referencial teórico no capítulo I, associado as idas a campo do capítulo II, deram suporte ao CAPÍTULO III (A tecnificação da pecuária na Bacia Hidrográfica do Rio Vermelho e a provisão de serviços ecossistêmicos). Pelo qual, será testado se existe uma relação positiva entre preditores que indicam serviços ecossistêmicos (carbono no solo, matéria

orgânica, produção de biomassa, evapotranspiração) com os níveis de tecnificação nas propriedades rurais que se localizam na Bacia Hidrográfica do Rio Vermelho.

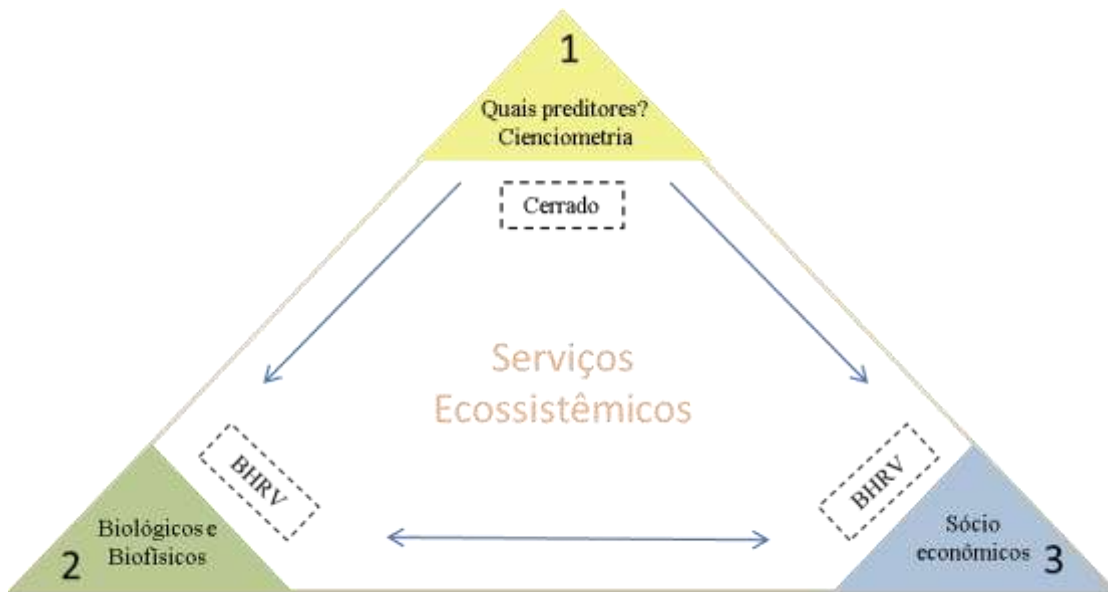


Figura 1. Modelo conceitual da estruturação da tese em três capítulos, como temática central os serviços ecosistêmicos em pastagens, em primeira análise com recorte amostral para todo Cerrado e em segunda, utilizando a Bacia do Rio Vermelho.

#### Referências Bibliográficas

ADEDOYIN, Festus Fatai; NWULU, Nnamdi; BEKUN, Festus Victor. Environmental degradation, energy consumption and sustainable development: accounting for the role of economic complexities with evidence from World Bank income clusters. **Business Strategy and the Environment**, v. 30, n. 5, p. 2727-2740, 2021.

ANDRADE, Cristiano Alberto de; OLIVEIRA, Claudeir de; CERRI, Carlos Clemente. Qualidade da matéria orgânica e estoques de carbono e nitrogênio em Latossolo tratado com biossólido e cultivado com eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p. 803-816, 2005.

ASSAD, E. D., PINTO, H. S., MARTINS, S. C., GROppo, J. D., SALGADO, P. R., EVANGELISTA, B. & MARTINELLI, L. A. Changes in soil carbon stocks in Brazil due to land use: paired site comparisons and a regional pasture soil survey. *Biogeosciences*, 10(10), 6141-6160. 2013.

BACCINI, A. G. S. J., GOETZ, S. J., WALKER, W. S., LAPORTE, N. T., SUN, M., SULLAMENASHE, D. & HOUGHTON, R. Estimated carbon dioxide emissions from tropical deforestation improved by carbon-density maps. *Nature climate change*, 2(3), 182-185. 2012.

- BRITO, Osley Hugo de Borba. Eficácia dos indicadores do plano de agricultura de baixa emissão de carbono (plano ABC): uma análise das ações sob responsabilidade da Embrapa. 2018.
- CARPENTIER, S., FILOTAS, E., HANDA, I. T., & MESSIER, C. Trade-offs between timber production, carbon stocking and habitat quality when managing woodlots for multiple ecosystem services. *Environmental Conservation*, 44(1), 14-23. 2017.
- COSTANZA, R., D'ARGE, R., DE GROOT, R., FARBER, S., GRASSO, M., HANNON, B. & VAN DEN BELT, M. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *nature*, 387(6630), 253-260. 1997.
- DE GROOT, Rudolf S. Environmental functions as a unifying concept for ecology and economics. **Environmentalist**, v. 7, n. 2, p. 105-109, 1987.
- DIAMOND, J. M. (2005). Colapso como as sociedades escolhem o fracasso ou o sucesso. Editora Record.
- DIAS, R. R. A. Modelagem dos Estoques de Carbono do Solo sob Diferentes Coberturas na Região do Cerrado. Mestrado em Ecologia, Universidade de Brasília, 2010.
- DIAZ, S., TILMAN, D., FARGIONE, J., CHAPIN III, F. S., DIRZO, R., & KTZBERBER, T. (2005). Biodiversity regulation of ecosystem services. *Trends and conditions*, 279-329.
- DIAZ, S., FARGIONE, J., CHAPIN III, F. S., & TILMAN, D. Biodiversity loss threatens human well-being. *PLoS biology*, 4(8), e277. 2006.
- ELLER, Cleiton B.; OLIVEIRA, Rafael S. Effects of nitrogen availability on the competitive interactions between an invasive and a native grass from Brazilian cerrado. **Plant and soil**, v. 410, n. 1-2, p. 63-72, 2017.
- EUCLIDES, Valéria Pacheco Batista et al. Produção de forragem e características da estrutura do dossel de cultivares de *Brachiaria brizantha* sob pastejo. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 43, p. 1805-1812, 2008.
- FEARNSIDE, P. M. AND BARBOSA, R. I. Soil carbon changes from conversion of forest to pasture in Brazilian Amazonia. **Forest Ecology and Management**, v. 108, p. 147-166, 1998.
- GROSHANS, G. R., MIKHAILOVA, E. A., POST, C. J., & SCHLAUTMAN, M. A. Accounting for soil inorganic carbon in the ecosystem services framework for United Nations sustainable development goals. *Geoderma*, 324, 37-46. 2018.
- HARBORNE, Jeffrey B. **Introduction to ecological biochemistry**. Academic press, 2014.
- INGRAM, D. S. 2018. BARBARA GEMMILL-HERREN (Ed.): Pollination services to agriculture: sustaining and enhancing a key ecosystem service. *Food Security*, 10:1669–1672.
- HOBBS, Richard J.; HIGGS, Eric; HARRIS, James A. Novel ecosystems: implications for conservation and restoration. **Trends in ecology & evolution**, v. 24, n. 11, p. 599-605, 2009.

LAPIG – Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento. Armazéns do Brasil. 2017. Disponível em: <http://maps.lapig.iesa.ufg.br/lapig.html>. Acesso em 19 de maio de 2020.

LIMA, J. E. F. W., DE GOIS AQUINO, F., CHAVES, T. A., & LORZ, C. (2017). Development of a spatially explicit approach for mapping ecosystem services in the Brazilian Savanna–MapES. *Ecological indicators*, 82, 513-525.

MEDEIROS, Rodrigo; YOUNG, Carlos Eduardo Frickmann. Contribuição das unidades de conservação brasileiras para a economia nacional: Relatório Final. **Brasília: UNEP-WCMC**, v. 120, p. 78-94, 2011.

MELADO, Jurandir. Pastagem ecológica e serviços ambientais da pecuária sustentável. **Revista de Política Agrícola**, v. 16, n. 3, p. 113-118, 2007.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. Ecosystems and human well-being: synthesis. Island Press, Washington, D.C. 2005.

MOREIRA, Gabriel Loreto. Financiamento verde: uma análise do plano agricultura de baixo carbono. 2020.

OBSERVATÓRIO, A. B. C. Análise dos recursos do programa ABC: safras 2017/18 e 2018/19. 2020.

Projeto MapBiomass. Coleção 6.0 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil. Disponível em: . Acesso em: 01 jun 2021.

PINTO, Lilian Vilela Andrade; ROMA, Talita Nazareth de; BALIEIRO, Kátia Regina de Carvalho. Avaliação qualitativa da água de nascentes com diferentes usos do solo em seu entorno. **Cerne**, v. 18, p. 495-505, 2012.

POWER, Alison G. Ecosystem services and agriculture: tradeoffs and synergies. **Philosophical transactions of the royal society B: biological sciences**, v. 365, n. 1554, p. 2959-2971, 2010.

RANDS, M. R., ADAMS, W. M., BENNUN, L., BUTCHART, S. H., CLEMENTS, A., COOMES, D. & VIRA, B. Biodiversity conservation: challenges beyond 2010. *science*, 329(5997), 1298-1303. 2010.

RAMANKUTTY, N., EVAN, A. T., MONFREDA, C., & FOLEY, J. A. Farming the planet: 1. Geographic distribution of global agricultural lands in the year 2000. *Global biogeochemical cycles*, 22(1). 2008.

RIEKHOF, Marie-Catherine; REGNIER, Esther; QUAAS, Martin F. Economic growth, international trade, and the depletion or conservation of renewable natural resources. **Journal of Environmental Economics and Management**, v. 97, p. 116-133, 2019.

SANTOS, Pablo Santana; FERREIRA, Laerte Guimarães. Análise descritiva dos aspectos biofísicos associados aos padrões de cobertura e uso da terra na bacia hidrográfica do Rio Vermelho, bioma Cerrado. **Geofocus: Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica**, n. 20, p. 3-28, 2017.

SCHANES, K., JÄGER, J., & DRUMMOND, P. (2019). Three Scenario Narratives for a Resource-Efficient and Low-Carbon Europe in 2050. **Ecological Economics**, 155, 70-79.

SEASTEDT, Timothy R.; HOBBS, Richard J.; SUDING, Katharine N. Management of novel ecosystems: are novel approaches required?. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 6, n. 10, p. 547-553, 2008.

SOUSSANA, J. F., ALLARD, V., PILEGAARD, K., AMBUS, P., AMMAN, C., CAMPBELL, C. & VALENTINI, R. Full accounting of the greenhouse gas (CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>) budget of nine European grassland sites. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 121(1-2), 121-134. 2007.

SOUSSANA, Jean-François; TALLEC, Tiphaine; BLANFORT, Vincent. Mitigating the greenhouse gas balance of ruminant production systems through carbon sequestration in grasslands. **animal**, v. 4, n. 3, p. 334-350, 2010.

SOUSSANA, Jean-François; LEMAIRE, Gilles. Coupling carbon and nitrogen cycles for environmentally sustainable intensification of grasslands and crop-livestock systems. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 190, p. 9-17, 2014.

SUN, Xiao; LI, Feng. Spatiotemporal assessment and trade-offs of multiple ecosystem services based on land use changes in Zengcheng, China. **Science of the total environment**, v. 609, p. 1569-1581, 2017.

TORRES, Sara M.; MORAN, Emilio F.; SILVA, Ramon Felipe Bicudo da. Property rights and the soybean revolution: shaping how China and Brazil are telecoupled. **Sustainability**, v. 9, n. 6, p. 954, 2017.

VAN MECHELEN, C., VAN MEERBEEK, K., DUTOIT, T., & HERMY, M. Functional diversity as a framework for novel ecosystem design: The example of extensive green roofs. *Landscape and Urban Planning*, 136, 165-173. 2015.

VIEIRA, Pedro Alves; FERREIRA, Nilson Clementino; FERREIRA, Laerte Guimarães. Análise da vulnerabilidade natural da paisagem em relação aos diferentes níveis de ocupação da bacia hidrográfica do Rio Vermelho, estado de Goiás. **Sociedade & Natureza**, v. 26, p. 385-400, 2014.

## **2 CAPÍTULO 1. SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS DE PASTAGENS NO CERRADO BRASILEIRO**

### **Resumo**

A segurança alimentar é um dos principais desafios do século XXI, o que leva à necessidade de repensar as formas de manipulação dos sistemas agropecuários. Esse desafio é particularmente premente no caso da pecuária, principal forma de antropização da terra. Especificamente no caso brasileiro uma das áreas com maior antropização por pastagens é o bioma Cerrado, com aproximadamente 61 milhões de hectares, com predominância da pecuária de corte. Parte de suas pastagens estão degradadas, o que atualmente corresponde 39% das áreas de pastagem no Cerrado, cerca de 18,2 milhões de hectares, o que implica à perda das funções ecossistêmicas, e conseqüentemente de serviços ecossistêmicos, como a diminuição dos estoques de carbono do solo, ciclagem de água e nutrientes no solo. A busca pela manutenção dos serviços ecossistêmicos permite compreender que a busca por segurança alimentar mundial, a sustentabilidade dos meios de produção e a crise da biodiversidade podem ser questões que estão inter-relacionadas. Nesse sentido, buscou-se através de uma análise cienciométrica identificar as tendências e o crescimento do conhecimento que norteia a relação entre os serviços ecossistêmicos nos sistemas de pastagem no bioma Cerrado.

### **Abstract**

Food security is one of the main challenges of the 21st century, which leads to the need to rethink the ways in which agricultural systems are manipulated. This challenge is particularly pressing in the case of livestock, the main form of land anthropization. Specifically in the Brazilian case, one of the areas with the greatest anthropization by pastures is the Cerrado biome, with approximately 61 million hectares, with a predominance of beef cattle. Part of its pastures are degraded, which currently corresponds to 39% of the pasture areas in the Cerrado, about 18.2 million hectares, which implies the loss of ecosystem functions, and consequently of ecosystem services, such as the decrease in stocks of soil carbon, water cycling and soil nutrients. The search for the maintenance of ecosystem services allows us to understand that the search for global food security, the sustainability of the means of production and the biodiversity crisis may be issues that are interrelated. In this sense, we sought through a

scientometric analysis to identify trends and the growth of knowledge that guides the relationship between ecosystem services in pasture systems in the Cerrado biome.

## **Introdução**

A segurança alimentar é um dos principais desafios do século XXI, especialmente quando já é comprovado a limitação de recursos como água limpa e solo fértil (REYNOLDS, 2015; FAO, 2019). O cerne da preocupação mundial está em suprir o déficit alimentar de aproximadamente 821 milhões de pessoas no mundo (FAO, 2018). Uma das alternativas apresentadas passa por repensar as formas de manipulação dos sistemas agropecuários. Esta atividade milenar vem se desenvolvendo em duas direções: no aumento de produtividade graças à alta tecnologia, como a indústria genética e métodos inovadores de captação de recursos naturais e na conquista de novos ambientes, o que levou a um avanço de aproximadamente de 30% da cobertura da superfície terrestre (RITCHIE, 2013).

A pecuária ainda é o sistema mais utilizado para plantas forrageiras em proteínas e estima-se que 1 bilhão de pessoas no mundo dependem da atividade (FAO, 2020). Entretanto, sua expansão desenfreada e sem as medidas conservacionistas, levou a um manejo insustentável do solo que acelerou processos de degradação e desertificação, alterações nos ciclos do carbono, água e nitrogênio e em impactos diretos na biodiversidade (ABADIAS, 2020). Isso é preocupante pois a biodiversidade propicia sistemas de produção e meios de subsistência mais resilientes a choques e tensões, incluindo os efeitos das alterações climáticas, o que pode ser considerado um recurso fundamental nos esforços para aumentar a produção de alimentos limitando os impactos negativos ao ambiente (MEA, 2015).

É através da chamada biodiversidade associada (FAO, 2019) que se torna possível as funções ecossistêmicas que são fundamentais para a manutenção (TURNER, 2007; KUMAR, 2012) de bens e serviços aos seres vivos, adquiridos de forma direta e indireta (DAILY, 1997; De GROOT, 2002; COSTANZA, 2014). Estes processos mantêm a funcionalidade de um ecossistema através da transferência de energia e matéria (LYONS, 2005, WALLACE, 2007), como um sistema dinâmico que se retroalimenta. O que inclui todas as plantas, animais e microrganismos que mantêm os solos férteis, polinizam as plantas, purificam a água e o ar, mantêm peixes e árvores saudáveis e combatem pragas e doenças de colheitas e do gado (FAO, 2019).

Os benefícios derivados dos variados recursos e processos presentes nos ecossistemas são conceituados como serviços ecossistêmicos (LEE, 2009) e foram classificados em quatro categorias: provisão, suporte, regulação e cultural. Os serviços de provisão referem-se ao fornecimento de água, produtos animais e vegetais, recursos genéticos para o melhoramento de plantas pela biotecnologia, medicamentos e materiais biológicos, além da crescente produção de alimentos. Como por exemplo os ganhos com a produção e aumento da tecnificação na agropecuária, que fornece quase um terço da ingestão de proteína da humanidade (FAO, 2006; ALEXANDRATOS & BRUINSMA, 2012), desempenham um papel muito importante na nutrição humana. O gado ruminante pode digerir a celulose na grama e convertê-la em proteínas comestíveis, que é a única maneira de produzir alimentos em grandes áreas de pastagem (FAO, 2017).

A provisão de serviços ecossistêmicos não seria possível sem os processos de suporte e regulação, como a formação do solo, que é um sistema complexo, formado por minerais, matéria orgânica, ar, água, micro e microrganismos, sendo responsáveis por importantes processos de mineralização de matéria orgânica, produção primária e na ciclagem de nutrientes. Estes serviços são cruciais para a produtividade efetiva das áreas agrícolas. A capacidade dos solos para reservas de carbono, água e nutrientes determinarão sua produtividade. Outro elemento fundamental é sua vulnerabilidade à degradação, o que pode gerar além da perda de nutrientes e biodiversidade, uma grande quantidade de emissões do carbono estocado, aumentando assim os fluxos no sistema, influenciando em outros serviços de regulação climática que garantem a qualidade do solo da água e do ar (RIBEIRO PEREIRA, 2015).

Assim se torna cada vez mais importante a compreensão da relação entre os sistemas alimentares e os serviços ecossistêmicos. A provisão destes serviços em sistemas agropecuários é temática de relevância internacional apesar de suas relações não serem de fácil detecção (KLUMPP & SOUSSANA, 2009). No caso particular de pastagens percebe-se que sua intensificação precisa atentar aos compromissos (*trade-off*) entre a produção e os serviços ecossistêmicos prestados (SOUSSANA, 2014). O sistema que privilegiar modos de manejo que levam em consideração o sequestro de carbono, proteção da qualidade do solo e regulação hídrica aumentarão a capacidade de adaptação desses ecossistemas à perturbação e à mudança ambiental global (LIU, 2018).

Especificamente no caso brasileiro uma das áreas com maior antropização por pastagens é o bioma Cerrado (BOLFE, 2020) Ocupando uma área de aproximadamente 20% do território brasileiro, rico em biodiversidade e abundante nos recursos hídricos, abriga

nascentes que mantêm as três maiores bacias hidrográficas da América do Sul. Além de imensuráveis serviços ecossistêmicos, responsáveis pela provisão, regulação e manutenção da biota, também possui uma extensa área de pastagens como aproximadamente 61 milhões de hectares, com predominância da pecuária de corte que representa 8,5% do PIB total brasileiro, com um crescimento de 7,6% em 2019, somando R\$ 618,50 bilhões (MAPBIOMAS, 2019; ABIEC, 2020). Estas atividades impulsionaram a economia e o mercado da carne, mas não apresentaram uma produtividade homogênea ao longo de sua ocupação. Essa perda da capacidade produtiva está ligada à degradação de parte de suas pastagens, o que atualmente corresponde 39% das áreas de pastagem no Cerrado, cerca de 18,2 milhões de hectares (PEREIRA, 2018). O que está relacionado à perda das funções ecossistêmicas, e consequentemente de serviços ecossistêmicos, como a diminuição dos estoques de carbono do solo, ciclagem de água e nutrientes no solo, que são essenciais para a manutenção do sistema pasto.

A busca pela manutenção dos serviços ecossistêmicos permite compreender que a busca por segurança alimentar mundial, a sustentabilidade dos meios de produção e a crise da biodiversidade podem ser questões que estão inter-relacionadas. Por isso é importante um panorama de como essa problemática está sendo abordada em áreas de pastagem no Cerrado. Para isso a ciência da compilação de dados bibliográficos, através de métricas de atividades e influências científicas tem sido utilizada como parâmetro que identifica o grau de relevância de determinado tema dentro da comunidade científica (MARZIALE & MENDES, 2002).

Uma análise robusta a partir da produção de indicadores quantitativos que possam ser utilizados na avaliação do quadro de trabalhos sobre as pastagens no Cerrado e a questão ambiental refletida em serviços ecossistêmicos, a partir da compilação de informações provenientes de diversos artigos científicos publicados em periódicos nacionais e internacionais (MARZIALE & MENDES, 2002), poderá se entender aos direcionamentos das políticas públicas e suas efetividades para ações futuras por parte do Estado e da sociedade.

Nesse sentido, buscou-se através de uma análise cienciométrica identificar as tendências e o crescimento do conhecimento que norteia a relação entre os serviços ecossistêmicos de acordo com o *Millennium Ecosystem Assessment* nos sistemas de pastagem no bioma Cerrado.

## **Materiais e Métodos**

### **Cienciometria**

A ciência se distingue de outras formas de conhecimento, entre outros fatores, pela maneira como seus praticantes desenvolvem suas hipóteses a partir de métodos científicos que as corroboram ou refutam, e buscam a literatura produzida pelos pares como elemento de comparação (FURNER, 2003). Esta busca de conhecimento deve ser compartilhada, replicada e melhorada com o decorrer dos anos. O que só é possível devido sua divulgação de forma sistemática e ordenada em revistas científicas que são revisadas por pares em plataformas de acessos mundiais.

O estudo quantitativo da ciência através da análise de um determinado segmento científico nas plataformas de divulgação, podendo ser aplicado no desenvolvimento de políticas públicas, é considerado uma cienciometria. Este empreendimento mapeia o conhecimento científico identificando sua estrutura, principais vertentes e fronteiras a partir de indicadores numéricos (VANTI, 2002). Através dessa abordagem é possível analisar o cenário intelectual de um domínio do conhecimento, identificando as principais hipóteses e perguntas que norteiam as pesquisas, bem como os métodos empregados.

A cienciometria é de extrema importância para o desenvolvimento do conhecimento científico, pois a partir de métricas matemáticas indica a disseminação de um determinado segmento da ciência entre a comunidade científica e sua abrangência mundial. Com isso, deixa-se de lado uma percepção empírica para uma vasta imersão em um detrimento da ciência, podendo acompanhar seu crescimento, locais de abrangência, pesquisadores que estão na linha de frente, além do seu impacto na sociedade.

O estudo cienciométrico só foi possível devido a novas maneiras criadas a partir da década de 80 para indexar a literatura bibliométrica, que a princípio era organizada por meio da bibliometria. Esta consistia em aplicar técnicas estatísticas para descrever aspectos da literatura e de outros setores da comunicação, buscando uma avaliação objetiva da produção científica, e diferente da cienciometria é de caráter puramente descritivo, pois não possui uma hipótese que direciona as comparações entre as práticas de pesquisa entre os cientistas.

Os precursores da chamada “ciência da ciência” , como o físico Derek de Solla Price e Eugene Garfield, foram primordiais para o avanço da ciência atual na qual os estudos da cienciometria adquiriram novos rumos, centrando na análise dinâmica da atividade científica.

A cienciometria, segundo Prince (1963), tinha como objetivo investigar a atividade científica como fenômeno humano e social, baseado em parâmetros matemáticos, aprimorando aqueles já utilizados nas bibliometrias (VENTURIN, 2019). A contribuição de Garfield foi imprescindível para a futura forma de indexação de artigos científicos, com a fundação do *Institute for Science Information* (ISI) responsável pelas publicações das plataformas *Web of Science* e *Journal Citation Reports*. Foi também criador dos *sites citation index*: índice simétrico que faz conexões entre diversos tipos de literatura científica através das referências bibliográficas permitindo identificar tendências de estudos entre os pesquisadores de uma área. Foi também responsável pela criação do fator de impacto, utilizado para medir o impacto de um periódico na ciência segundo a quantidade de citações que a revista recebe, pois quanto maior o impacto de uma revista maiores são as chances de um artigo ser lido e citado (GARFIELD, 1963).

A indexação por citações, as frentes de pesquisa e o fator de impacto dos periódicos tem sido teorias e ferramentas nas quais se apoia a bibliometria moderna. A ciência da informação atualmente é composta por plataformas online disponíveis através de bancos de dados financiados por instituições públicas e privadas. Como a plataforma “Web of Science” criada no Institute for Scientific Information (ISI), que foi vendida à editora Thomson Reuters, mas desde 2016 transformou-se em uma nova empresa a *Clarivate Analytics*, outras empresas do mesmo segmento foram criadas como a Elsevier, ScienceDirect e Scopus; Springer, SpringerLink. Com isso, além dos indicadores de qualidade científica mensurados por citações de autorias e publicações, também foram agregados indicadores de valor de mercado das mesmas (DE SANDES-GUIMARÃES, 2021).

Entre as plataformas online de indexadores de citações por assinatura mais famosas e acessadas no mundo pertencentes a grandes empresas, se destaca a web of Science a antiga Web of Knowledge que possui mais de 20.000 periódicos e outras publicações em sua principal coleção, com a devida acurácia de especialistas em um processo de *Peer Review*. Outro indexador internacional robusto e bem disseminado na comunidade científica é o diretório *Scopus* da editora *Elsevier*, que é o maior banco de dados de resumos e citações da literatura com revisão por pares, além de disponibilizar ferramentas para monitorar e analisar pesquisas com mais de mais de 24.600 periódicos ativos e 5.000 editores. A editora possui outras ramificações importantes para pesquisas universitárias, como o *ScienceDirect*, *Mendeley*, *Knovel*, *Clinicalkey*. Outra empresa que está crescendo neste segmento é o grupo do Reino Unido *Taylor & Francis*, com aproximadamente 2.000 periódicos publicados no último ano.

A divulgação da pesquisa científica no Brasil ganhou força em 1996 com a criação da biblioteca eletrônica SciELO (*Scientific Electronic Library Online*) que abrange uma coleção de periódicos brasileiros acessíveis a grande parte da população do país de forma gratuita criados pela FAPESP e pela Organização Pan-Americana da Saúde e da Organização Mundial da Saúde, comandados pelos pesquisadores Rogério Meneghini e Abel Packer (MENEZHINI, 2003). Esta plataforma promove a divulgação dos trabalhos científicos publicados em revistas científicas editadas no país, para isso foi elaborado uma das primeiras coleções de revistas científicas de acesso aberto, enquanto no mundo pouco se falava em democratização do acesso, mas sim no crescente mercado financeiro gerado em torno das publicações. Este modelo já foi exportado do Brasil para 15 países e o programa já agraga 1,2 mil periódicos e uma média de 800 mil acessos por dia (CANALLES, 2017). Além de facilitar a coleta de dados possibilitou um maior acesso de leitores, democratizado aos mais de 98% dos universitários brasileiros que não possuem domínio da língua inglesa: segundo pesquisa do British Council e do Instituto de Pesquisa Data Popular, apenas 5% da população do país fala a língua, sendo 1% deles fluente (COUNCIL, 2014).

A CAPES, intuição governamental que exerce um papel fundamental na pós-graduação *stricto sensu* (mestrado e doutorado) no Brasil, criou em 2000 o Portal de Periódicos que reúne um acervo de base de dados pagos e o disponibiliza a instituições Universitárias, também aderiu ao movimento *Open Access 2020*, liderado pela Max Planck em 2017. Este que significa um acesso livre por meio da internet de cópias gratuitas (online) de artigos de revistas científicas revisados por pares, relatórios técnicos, teses e documentos de trabalho. A tendência de acesso livre também ganhou notoriedade em outros ambientes, um site pirata russo ganhou destaque na comunidade científica fornecendo acesso público e em massa a centenas de periódicos científicos. Atualmente este site possui mais de 81.000 periódicos em sua biblioteca de dados, desde a sua criação em 2011 tem-se como objetivo missão remover qualquer barreira que impeça a mais ampla distribuição possível de conhecimento na sociedade humana (CAPES, 2020; CORREA, 2020)

### **Coleta de dados para Cienciometria a partir de indicadores bibliométricos**

Embora as grandes indexadoras de informações científicas disponibilizem as informações, é necessário que estas sejam organizadas e combinadas de maneira adequada para responder uma dada hipótese (NABOUT, 2012). Para isso foi realizada uma análise

cienciométrica a fim de verificar a quantidade, qualidade e relevância dos artigos publicados sobre os tipos de serviços ecossistêmicos em áreas de pastagens no Cerrado.

Foram incluídos na amostragem trabalhos que apresentaram ao menos um tipo de serviço ecossistêmico, segundo a Avaliação Ecossistêmica do Milênio (MEA, 2015), no abstract, título ou no corpo do texto. O termo “serviços ecossistêmicos” demorou a ser inserido nos estudos agropecuários no Brasil, mas foi relatado de forma intrínseca, como ganhos ambientais de diferentes tipos de funções ecossistêmicas traduzidas em serviços ambientais.

Os indicadores cienciométricos foram divididos e avaliados em categorias diferentes, para facilitar a compreensão das múltiplas variáveis (PARRA, 2019):

- Número de trabalhos, coautorias, publicações do autor, instituição ou país
- Número de citações obtidas
- Número de artigos publicados
- Número médio de citações por artigo
- Fator de impacto
- Número de citações e nível da revista/periódico
- Potenciais e limitações da área investigada.

Para a delimitação do escopo da análise e seleção os artigos foram pesquisados nos bancos de dados do Web of Science, SocOPUS e google acadêmico entre 1994 a 2018, utilizando o operador booleano “OR”. Para uma melhor acurácia e avaliar as múltiplas definições ainda usadas neste campo, os artigos foram selecionados usando os seguintes termos nos campos de título, resumo ou palavra-chave: “*serviços ecossistêmicos*” or “*serviços ambientais*” or “*carbon stocks*” and “*pasture*”, and “*Cerrado*”, and *Brazil*. Essa busca resultou em 350 resultados, que constituem o corpo de análise do presente estudo.

Para a análise descritiva dos artigos foram adotados os seguintes critérios: (1) número de artigos publicados por termo pesquisado; (2) número de artigos por ano; (3) autores mais publicados; (4) fontes mais publicadas; e (5) países analisados. A interpretação e discussão dos resultados foi realizada em conjunto com os resultados nas etapas 2 e 3, para identificar as principais tendências e lacunas da pesquisa nas áreas de estudo. Para a análise dos tipos de colaboradores e suas instituições foram detalhadas as peculiaridades de cada autor, suas filiações, estados e países, bem como as coordenadas de suas respectivas instituições, para

termos um panorama de onde se destaca a pesquisa no mundo. As coordenadas onde foram realizados os trabalhos também foram separadas para futura espacialização.

Além da categorização dos tipos de serviços, os trabalhos também foram classificados pelos *drives* seguidos em suas respectivas pesquisas e quais respostas foram obtidas. Uma resposta é considerada eficaz quando a sua avaliação indicar que melhorou o serviço ecossistêmico específico (sua conservação e uso sustentável) e contribuiu para o bem-estar humano sem danos significativos a outros serviços ecossistêmicos ou impactos prejudiciais para outros grupos de pessoas. Uma resposta é considerada promissora se não tem um longo histórico para avaliar, mas aparece provável para ter sucesso ou se há meios conhecidos de modificar a resposta para que possa tornar-se eficaz. Uma resposta é considerada problemática se o seu uso histórico indicar que não se atingiram as metas relacionadas ao aprimoramento do serviço (ou conservação e uso sustentável) ou que tenha causado danos significativos a outros serviços ecossistêmicos.

Devido à sua abrangência quanto ao número de publicações e qualidade das revistas científicas indexadas, os referenciais adquiridos (Apêndice 1) foram tabulados e inseridos no software “R”, para elaboração das tabelas e gráficos que permitiram uma melhor interpretação quantitativa e qualitativa dos dados.

## **Resultados e Discussões**

Dentre os 300 trabalhos coletados, 83 atendiam aos critérios de inclusão para a avaliação dos serviços ecossistêmicos no Bioma Cerrado. Entre os trabalhos, aqueles que abordaram a palavra-chave “serviços ecossistêmicos”, corresponderam a uma pequena parcela (10%). Demonstrando assim que, apesar do conceito estar bem difundido nas áreas de manejo e conservação da biodiversidade (DEE, 2019), várias pesquisas em instituições governamentais e não-governamentais direcionaram o conhecimento científico a uma abordagem que trata a temática de forma intrínseca. Como corroborado por PRADO (2015) está presente em diversos sistemas agropecuários com ascensão de trabalhos a partir de 2001, e uma significativa expansão a partir de 2005 (Figura 1).

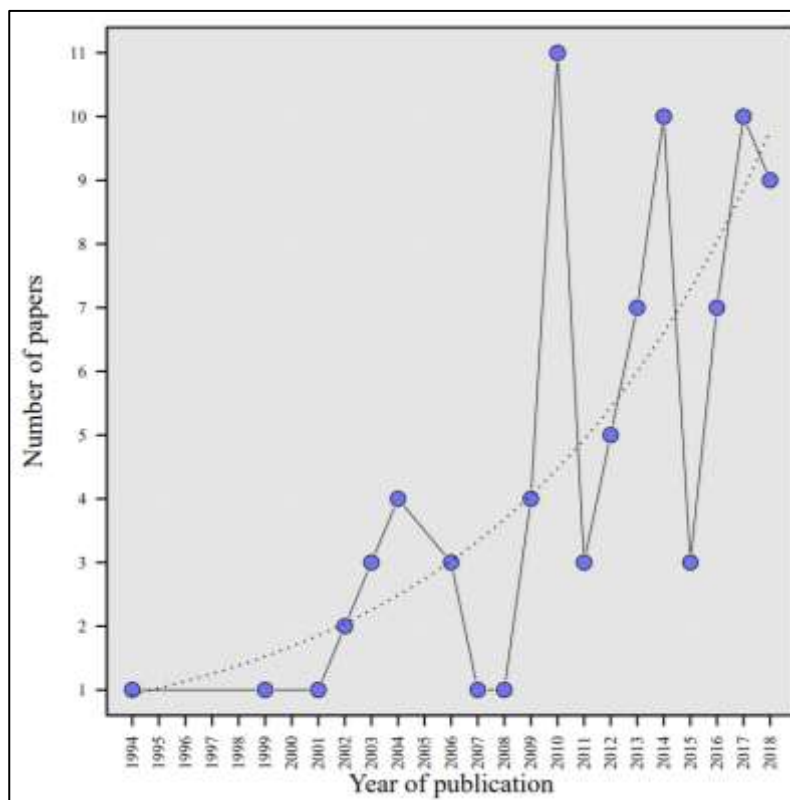


Figura 1. Evolução do número de trabalhos publicados com a temática serviços ecossistêmicos em áreas de pastagem no bioma cerrado.

As preocupações mundiais acerca da relação da produtividade com a provisão de serviços ecossistêmicos são recentes (SWINTON, 2007). Assim como foram os resultados encontrados para as regiões de cerrado brasileiro, o que se deu em virtude das demandas mundiais, sendo que a discussão dos serviços se deu com a mudança do modo de produção e pressão do mercado de exportação. Estas mudanças são evidenciadas pelo crescente número de trabalhos científicos que abordaram o serviço de regulação por meio do estoque e sequestro de carbono em diferentes tipos de localização, solo, taxa de lotação e a gestão da pastagem (MARTINSEN, 2011; SOUSSANA, 2014; MARRIOTT, 2010).

No Brasil a preocupação com o desenvolvimento sustentável nas zonas de cerrado foi marcante nos estados de Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso e São Paulo através da mensuração da quantidade de carbono assimilado em sistemas de pastagem. Estes foram os temas mais utilizados na abordagem de serviços ecossistêmicos nessas áreas, já que é um importante proxy da manutenção das interações ecossistêmicas, sendo responsável pela mitigação de gases de efeito estufa, representando mais de 50% da amostragem (Figura 2). Como já mencionado por Dias-Filho (2013) além da provisão de alimentos nas áreas de pastagem existe a possibilidade de uma maior ciclagem do carbono quando as práticas conservacionistas são adotadas, isto é,

quando há um manejo adequado, com uma taxa de lotação que não sobrecarregue o sistema com e os devidos cuidados com o solo para a manutenção da matéria orgânica, e com as gramíneas, que possuem uma matriz radicular que será importante para promover a filtração de água e ciclagem de nutrientes.

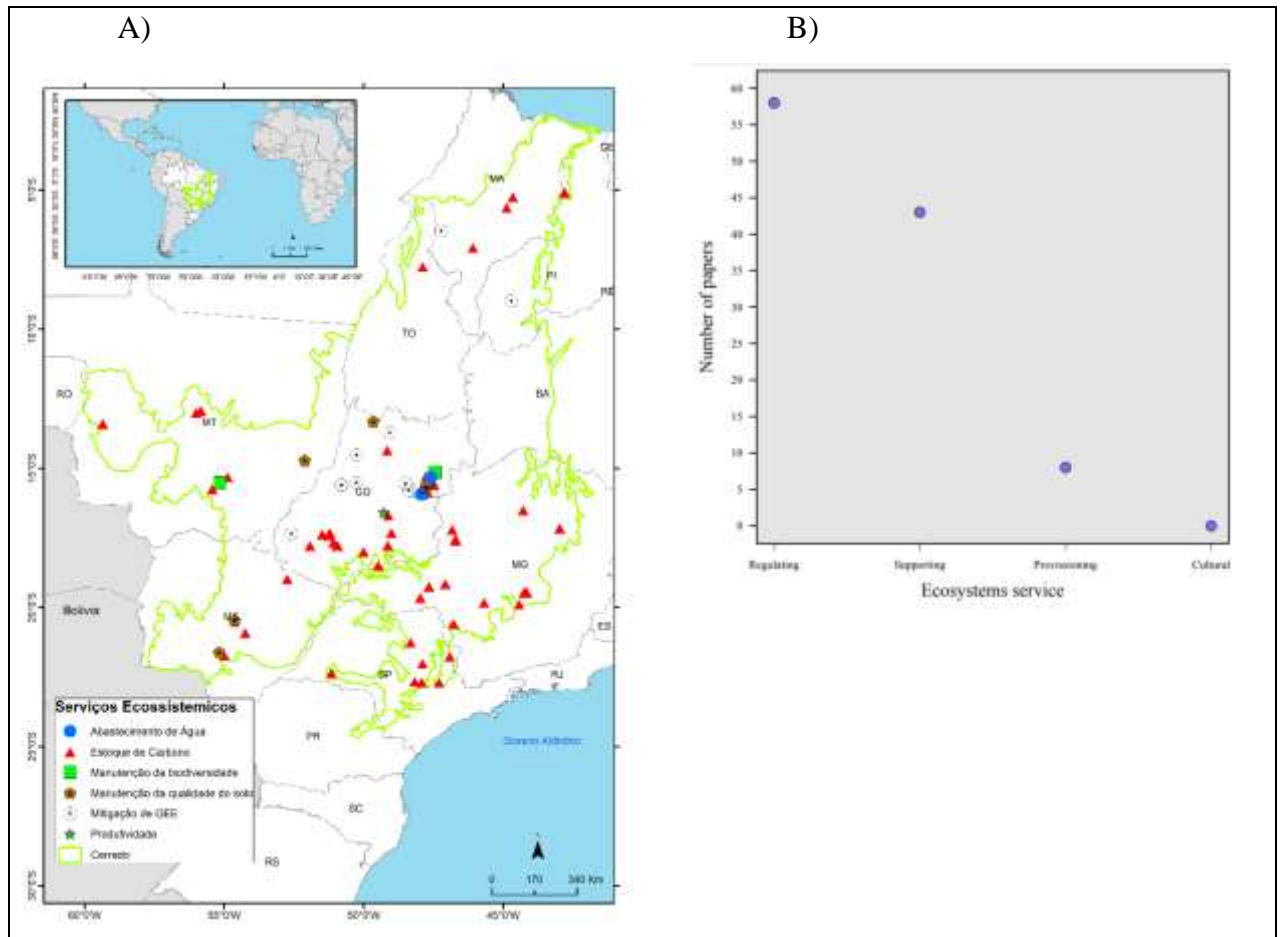


Figura 2. A) Distribuição dos trabalhos no Bioma Cerrado e os respectivos tipos de serviços ecossistêmicos mais abordados. B) relação entre o número de publicações e os tipos de serviços ecossistêmicos levantados nas pesquisas.

Os serviços ecossistêmicos de suporte, representados em sua maioria pela manutenção da qualidade do solo, produtividade primária e ciclagem de nutrientes, foram mais utilizados como mensurações de boas práticas de manejo em sistemas convertidos em pastagens. Estes serviços estiveram presentes em pesquisas *in situ* que fizeram coletas em fazendas de gado onde foram feitas as coletas de solo e biomassa acima do solo para uso secundário por meio de técnicas específicas para cada objetivo de estudo. A fertilidade do solo representada pela matéria orgânica e composição de macro e micronutrientes foi abordada de forma comparativa

em sistemas de vegetação nativa e pastagens em diferentes tipos de classes de texturas de solo (argila, areia e silte) (BALBINO, 2002; VENDRAME, 2010; BARROS, 2018).

Constatou-se que a fertilidade em solos de pastagens pode ser aumentada com boas práticas agrícolas, mesmo aquelas em estágios avançados de degradação (LILIENFEIN, 2003). Isso é possível através não só da matéria orgânica macro (biomassa acima do solo), mas também da decomposição de húmus, e que é a maior proporção de carbono e nitrogênio do solo, e demora mais tempo para ser incorporada. Isto reforça a importância de sistemas de cultivos conservacionistas que previnem o revolvimento do solo, queimadas, compactação por altas taxas de lotação, e que levam a prevenção de perdas de matéria orgânica, microbiota e de carbono por oxidação (ARAÚJO, 2008; MACÊDO, 2018).

A produtividade primária expressa pela massa de forragem produzido pelas gramíneas foi o método apontado que contribui para o ganho de carcaça animal, convertido em proteína, mas também para a assimilação deste material vivo no solo. Toda a matéria morta que é derivada da forragem que não foi consumida pelo gado é força motriz para a inserção de matéria orgânica e ciclagem dos nutrientes essenciais para a manutenção do solo. Assim, uma cobertura de forragem contínua e permeado de raízes é condição para a conservação da umidade e de suas reservas de carbono. Além de funcionar como um adubo verde as raízes das forrageiras aumentam a capacidade de retenção e infiltração de água, prevenindo erosões e lixiviações de nutrientes (DUBEUX JÚNIOR, 2006; BRUNES, 2017). As raízes também auxiliam na atividade microbiota do solo, desenvolvendo um importante papel na ciclagem de nutrientes (KASCHUC, 2010). Esses serviços ecossistêmicos de suporte permitem que os solos forneçam a base para a produção de proteína a pasto mais consumida no mundo, e sem os qual não existiriam os serviços de regulação extremamente discutido em sistemas de pastagem.

A vertente das pesquisas que abordaram as variações nos estoques de carbono no solo, emissão de gases do efeito estufa e sua mitigação em circunstâncias tropicais, relacionados aos serviços ecossistêmicos mais discutidos no segmento agropecuário, tiveram importantes percursos no Brasil, com um aumento exponencial ao longo dos anos (Figura 3).

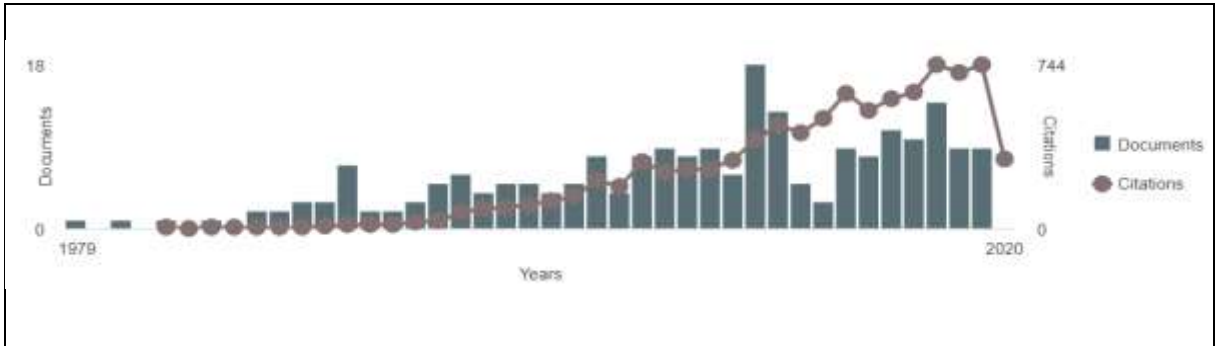


Figura 3. Crescimento das citações com a temática serviços ecossistêmicos de 1979 a 2020.

O pesquisador Carlos Clemente Cerri, com mais de 223 documentos indexados, 9283 citações (Figura 4), impulsionou o país na corrida do conhecimento acerca da matéria orgânica no solo em pastagens. Seus trabalhos foram os primeiros a estimar a biomassa microbiana, um dos mais importantes serviços ecossistêmicos de suporte presentes nos solos brasileiros. Sua linha de pesquisa dos impactos da expansão agropecuária nas emissões de gases de efeito estufa e da degradação do solo o levaram para vários comitês nacionais e internacionais, incluindo o *Intergovernmental Panel of Global Change* (IPCC) e o *Tropical Soil Biology and Fertility* (TSBF).

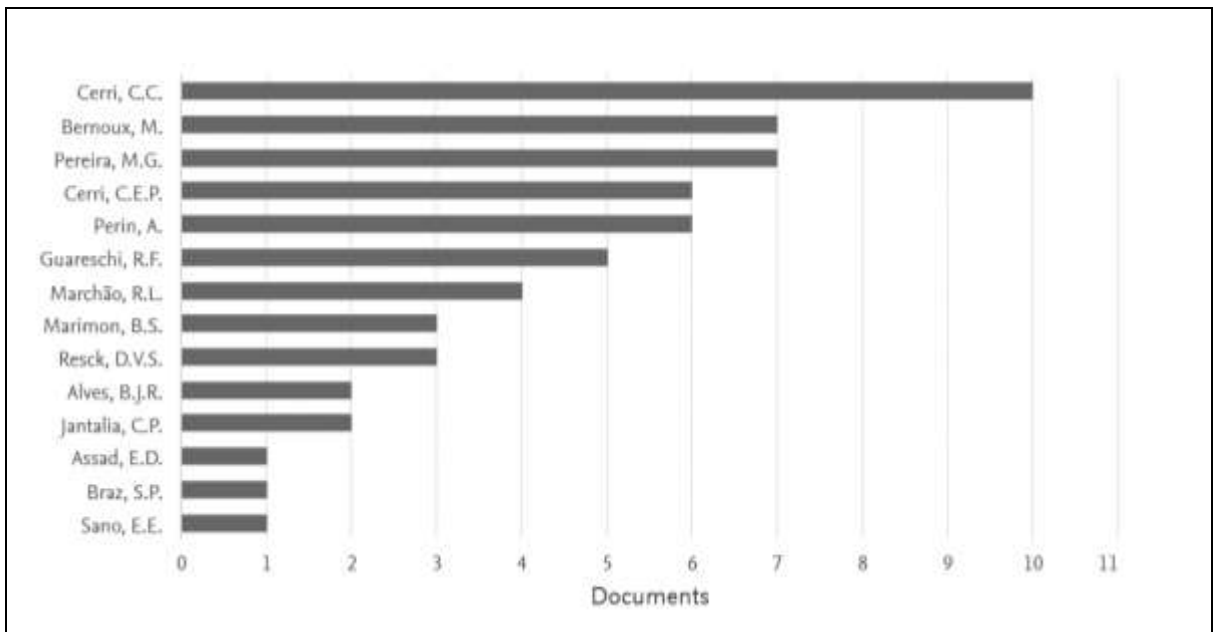


Figura 4. Autores mais citados nas plataformas referencias de citações científicas, com a temática serviços ecossistêmicos, em específico o carbono. Fonte: Web of Science.

Seguindo a vertente dos autores mais citados e com mais publicações na temática sustentabilidade na agropecuária destaca-se Carlos Eduardo Pellegrino Cerri, também engenheiro agrônomo como seu pai Carlos Clemente Cerri. Seus trabalhos contribuíram para o

aprimoramento dos estudos em ciências de solos e suas abordagens no melhoramento em terras com usos agropecuários (REF). Suas pesquisas se destacam em modelagem ecossistêmica e principalmente com a interface da matéria orgânica com outros sistemas e suas alterações nas emissões de gases. As alterações na matéria orgânica no solo (MOS) na atividade pecuária é abordada em suas pesquisas de modo a ter possibilidade de reduzir as emissões além disso, sequestrar o carbono e a fixação nos solos.

Para todo o bioma Cerrado, Martins *et al.*, (2010) selecionaram 57 coordenadas de pastagem usando o mapa Cerrado PROBIO de uso e cobertura da terra e, para cada coordenada, coletaram amostras de solo em novembro e dezembro de 2010 para determinar a fertilidade do solo e os estoques de carbono. No estado do Tocantins, Silva Neto (2012) selecionaram 20 sítios em uma área experimental de *Brachiaria brizantha* e dentro dessa área determinaram o estoque de carbono do solo para pastagens sob diferentes níveis de degradação (baixo, médio e alto). Costa Junior *et al.*, (2011) em Goiás selecionaram áreas de vegetação nativa de cerrado, pastagem de *Brachiaria decumbens* com indícios de degradação, e para cada área coletaram amostras de solo até 20 cm de profundidade para avaliação de carbono total, carbono isotópico e estoque de carbono. De Oliveira *et al.*, (2004) selecionaram duas cronosseqüências de pastagens de *Brachiaria brizantha* e *decumbens* com aumento de idade e produtividade decrescente para identificar os indicadores do grau de degradação. Freitas *et al.*, (2000) realizaram um estudo para compreender o carbono do solo de vegetação nativa de cerrado, uma pastagem reformada com mais de 15 anos e uma pastagem degradada, para isso coletaram amostras de solo até 40 cm de profundidade para determinar densidade do solo, carbono total e nitrogênio .

Ferreira (2013) realizou dois estudos experimentais no Distrito Federal em um experimento de longa duração de 31 anos em áreas de pastagem de *Brachiaria brizantha*, leguminosas e vegetação nativa de cerrado. Nessas áreas, ele coletou amostras de solo em 2010 a cada 5 cm até 40 cm de profundidade e analisou os atributos físicos do solo, densidade, carbono total e nitrogênio e carbono isotópico. Da Silva *et al.*, (2004) realizaram um estudo no Centro de Pesquisa Agropecuária da Embrapa-Cerrados no Distrito Federal em sete diferentes áreas de pastagem, onde coletaram amostras de solo para analisar as características químicas, físicas e de carbono do solo.

Em Minas Gerais, Pinto (2014) selecionaram cinco áreas vizinhas na Universidade de Lavras com floresta nativa semidecidual, pastagem de *Brachiaria decumbens*, pastagem mista de *Brachiaria brizantha* e *Arachis pintoi*, com *Brachiaria brizantha* associada a *Stylosanthes*

*guianensis* e milho sob cultivo por 25 anos, então para cada área coletada amostras de solo para análises de carbono orgânico e densidade do solo. Nessa mesma Universidade, Pimentel *et al.*, (2012) realizaram um experimento em uma área de mata nativa, e duas áreas de pastagem de *Brachiaria brizantha* com *S. guianensis* e *A. pintoi*, e coletaram amostras de solo em 2010 de três poços para medir a densidade do solo, densidade radicular, solo químico e físicos atributos, concentrações de carbono e nitrogênio e estoque de carbono. Lilienfein *et al.*, (2003) em Uberlândia Minas Gerais, selecionaram três parcelas de vegetação nativa de cerrado, pastagem degradada e uma pastagem produtiva, para cada parcela, coletaram amostras de solo nas profundidades de 0,15 a 2 m de profundidade, para cada amostra determinaram o carbono orgânico do solo, densidade do solo e atributos químicos do solo. Loss *et al.*, (2013) em um experimento em Uberaba estabelecido em 2000, coletaram amostras de solo em 2009 em duas áreas de pastagem de Tifton 85, uma com irrigação e outra sem irrigação, e para cada amostra determinaram atributos químicos do solo e carbono orgânico total.

No estado de São Paulo, Segnini *et al.*, (2007) selecionaram áreas submetidas a diferentes tratamentos e uma área de mata de cerrado, onde para cada área de pastagem e vegetação nativa de cerrado determinaram os estoques de carbono do solo e a densidade do solo. Szakács *et al.*, (2011) para diferentes propriedades rurais localizadas no estado de São Paulo correlacionaram o carbono orgânico do solo medido em campo com a refletância espectral e LAI (*Leaf Area Index*) extraídos de imagens *Landsat*. Braz *et al.*, (2013) nos estados de São Paulo, Minas Gerais e Mato Grosso do Sul em quatro propriedades rurais em três áreas adjacentes de pastagem produtiva, pastagem degradada e vegetação de Cerrado nativa sem pastejo coletaram amostras de solo em janeiro e março de 2004 com o objetivo de determinação de solo estoques de carbono e densidade aparente de pastagens sob diferentes níveis de degradação.

O Brasil se destaca no crescimento de pesquisas com o segmento da matéria orgânica do solo, com métodos diferenciados que buscam a determinação da MOS em frações físicas e químicas sob diferentes sistemas de uso, áreas de remanescentes de cerrado e pastagens em que se tem diversas condições de uso (de pouco para muito degradadas) (GUARESHI, 2013). O estudo nestes diferentes tipos de manejo e técnicas agrícolas foi responsável pelo aprimoramento da agropecuária brasileira em técnicas sustentáveis, que consistem em integrações entre forrageiras e leguminosas, plantios consorciados e adubagem verde (LOSS, 2013).

Instituições governamentais em parcerias com pesquisadores brasileiros também seguem essa linha de pesquisa quando se trata de avaliar o papel dos solos em sistemas

agropecuários, em consonância com a prevenção das mudanças climáticas e o sequestro de carbono. Martial Bernoux, que atuou como consultor da FAO (*Food and Agriculture Organization*) e nas iniciativas brasileiras de pesquisa no setor há mais de 15 anos, enfatiza a importância de modelos conservacionistas de produção, como a inserção do plantio direto no Brasil e a relação dos grandes pools de carbono como indicadores da qualidade no solo nas camadas superficiais do solo 0 a 40 cm (BERNOUX, 2006). Além disso destaca-se sua importância na melhoria da estabilização de microagregados que levam a uma maior proteção de carbono da decomposição promovida pela atividade microbacteriana (OGLE, 2019).

A força tarefa para a intensificação nas pesquisas de carbono no Brasil (Embrapa 2015) em consonância com a preocupação com o aumento de gases de efeito estufa (IPCC, 2019) levou a grandes esforços de campo por regiões de alta intensificação agropecuária. Coletas in situ foram realizadas baseadas em metodologias consolidadas por grandes pesquisadores citados anteriormente (Figura 4) (BERNOUX, 2002; BERNOUX, 2006; CERRI, 2007).

### **O Brasil na corrida mundial para a produção de proteína carbono neutro**

Vários eventos e acordos internacionais foram responsáveis pela ascensão das discussões sobre serviços ecossistêmicos no Brasil. Em 1992 a comunidade mundial se mobilizou para discutir mudanças climáticas. Depois de um longo período de silêncio o Rio virou sede da convenção da ONU sobre mudanças climáticas e o Brasil teve uma ascensão neste cenário, o que é demonstrado pelo surgimento de alguns trabalhos na área em meados de 1994.

A partir de 1997 foram estipuladas metas obrigatórias segundo o protocolo de Kyoto, para que os países reduzissem em 5% as emissões. O Brasil aderiu em 2002 e o protocolo entrou em vigo no ano de 2005. Com isso, uma agenda ambiental que modificou o panorama da atividade pecuária passou a ser estabelecida no país. Como corroborado com Pires (2018), particularmente na última década tem havido um aumento no número de publicações ligando biodiversidade e serviços ecossistêmicos em todos os países, especialmente para os EUA, China e Brasil, o que pode também ser percebido para áreas de pastagem no Cerrado. A EMBRAPA, por exemplo, formou grupos de pesquisas e pesquisadores direcionados ao tema somente após 2006. Mas a partir de então criou-se uma rede de projetos com serviços ambientais atuando nos biomas brasileiros, com o intuito de reduzir entre 36,1% e 38,9% as emissões brasileiras projetadas até 2020 (PRADO *et al.*, 2015).

Em 2015 foi assinado um acordo mundial para a redução de emissões, a COP 25 é firmada em Paris, no intuito de limitar o aumento da temperatura da terra em até 1,5 °C até 2100. Muitas redes e parcerias externas foram criadas. Destaca-se o Arranjo de Serviços Ambientais na Paisagem Rural, criado em 2014 por grupos de pesquisa da Embrapa a fim de inserir o tema de serviços ecossistêmicos através de parcerias entre pesquisadores nas diferentes regiões brasileiras, para uma maior aproximação da ciência com os tomadores de decisão e às políticas públicas vigentes (Figura 5).

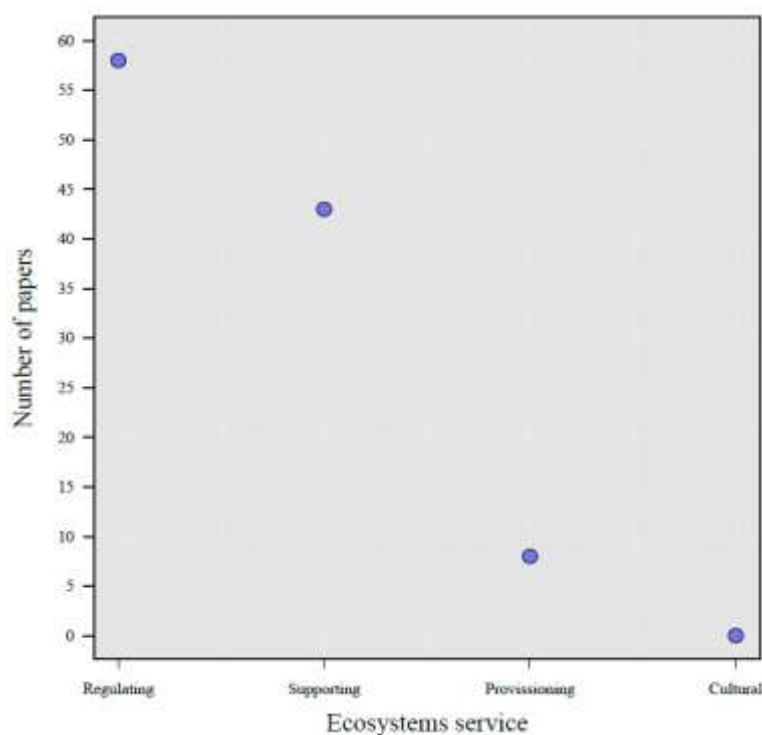


Figura 5. Relação entre o número de trabalhos encontrados e o tipo de serviço ecossistêmico abordado.

A preocupação com iniciativas que adotam medidas de contenção de emissões nestas áreas é de âmbito internacional, e o Brasil acompanhou essa vertente, como já foi falado anteriormente. O que mostra que o país está com visibilidade e tentando garantir um respaldo para o mercado internacional, que a produção a pasto de maneira sustentável, mais lucrativa, saudável e ambientalmente viável seja uma alternativa para a produção de carne. Isto é demonstrado pela maior proporção de publicações na *Agriculture, Ecosystems and Environment*, uma revista de alto fator de impacto e com a interface entre agroecossistemas e ambientes naturais, que abordam temas centrais de mudanças climáticas, gases de efeito estufa e poluição do ar, consequências ecológicas da intensificação, degradação do solo e opções de mitigação (Figura 6).



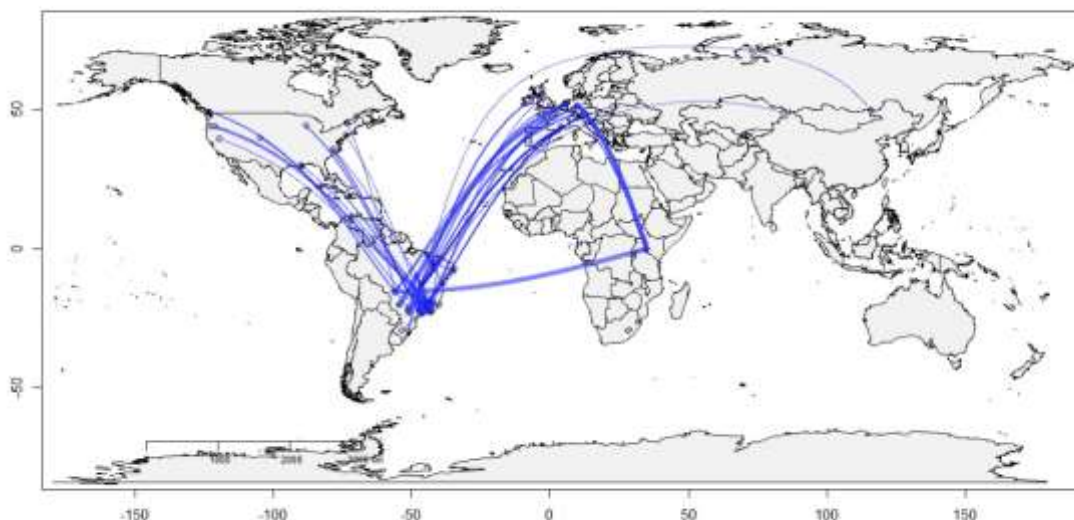


Figura 7. Rede de interações entre os autores brasileiros e internacionais representando os colaboradores das publicações amostradas.

A integração de pesquisas que abordam o estudo em serviços ecossistêmico se torna muito mais complexa, é necessário que se entenda que o sistema de serviços ecossistêmicos não é isolado, mas sim conectados e interdependentes. O avanço dos estudos que norteiam os processos de degradação das pastagens pode ser uma saída para o aumento de produtividade. Durante os primeiros cinco ou mais anos após o desmatamento, a produtividade da pastagem é boa, mas dependendo do manejo pode diminuir rapidamente dando lugar às espécies invasoras e levando à degradação da pastagem (DIAS-FILHO, 2001). Os critérios usados para classificar a degradação das pastagens e o período de degradação variam muito entre os diferentes estudos, levando a resultados conflitantes nos resultados dos estoques de carbono do solo para pastagens em degradação, produtividade e vegetação nativa. O tempo de classificação também é importante, pois a redução do carbono no solo é um processo lento e, se a pastagem estiver degradada recentemente, ainda pode apresentar elevados teores de carbono no solo derivados da vegetação anterior.

Dos estudos analisados sobre o carbono do solo em pastagens, a maioria não define os critérios usados para classificar uma pastagem como degradada, sendo poucos os estudos definindo a degradação e recuperação da pastagem. Assim como o estudo de Maia *et al.*, (2009), onde classificaram pastagens degradadas como pastagens que recebem manejo típico, mas apresentam produtividade reduzida para animais em pastejo devido a alguns fatores, como infestação de plantas daninhas, solo nu e erosão do solo. Em seu estudo, as pastagens

melhoradas são aquelas que são administradas com aporte de fertilização, semeadura de leguminosas e irrigação, e têm pressão de pastejo moderada. Muller *et al.* (2004) identificaram os níveis de degradação das pastagens de acordo com as discrepâncias na produção de gramíneas e a presença de plantas daninhas. Rosa *et al.* (2014) consideram uma pastagem em processo de degradação aquela que apresenta baixa quantidade de biomassa. Para Oliveira *et al.* (2004), uma pastagem degradada é caracterizada por perda de produtividade, invasão de ervas daninhas, diminuição da cobertura vegetal e aumento de cupinzeiros.

Para Asner *et al.* (2004) uma pastagem degradada mostra uma perda de produtividade de gramíneas e nutrientes do solo, e um aumento na acidez e compactação. Braz *et al.* (2013) identificaram uma pastagem degradada, como aquela que não fornece forragem suficiente para um ganho de peso vivo de 50 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. Inicialmente separaram as pastagens produtivas das degradadas com base na percepção dos proprietários, mas isso não se mostrou confiável, por isso utilizaram três indicadores de produtividade da pastagem: taxa de rebrota do pasto, serapilheira depositada após 12 a 28 dias e fração leve de a matéria orgânica. Carvalho *et al.* (2010) classificaram uma pastagem como degradada, de acordo com o grau de perda de produtividade para pastejo animal, devido à alta infestação de plantas daninhas, presença de solo descoberto e erosão do solo. Definiram pastagem não degradada, aquela que apresenta razoável produtividade de gramíneas, consequência de um pastejo adequado ou do uso de fertilização. Lilienfein *et al.* (2003) definiram uma pastagem degradada para a região do Cerrado, como uma pastagem que apresenta diminuição da cobertura de grama em comparação a uma pastagem produtiva e possui plantas invasoras de cerrado. Junior *et al.* (2014) determinaram o grau de degradação por meio de um método de fita, onde avaliaram o grau de exposição do solo e infestação de plantas daninhas. Em geral, a maioria dos estudos considerou pastagem degradada como aquela que apresenta sobrepastoreio, perda de biomassa, compactação do solo e presença de plantas daninhas.

## **Conclusões**

A revisão de literatura efetuada indicou um recente, embora crescente interesse pela temática de serviços ecossistêmicos de pastagens. A ascensão desse tema é decorrente da preocupação com a segurança alimentar e se insere na busca de sustentabilidade para as atividades humanas. Dessa forma, os serviços ecossistêmicos de suporte, representados em sua maioria pela manutenção da qualidade do solo, produtividade primária e ciclagem de nutrientes,

foram mais utilizados como mensurações de boas práticas de manejo em sistemas convertidos em pastagens. Pode-se perceber também uma relação importante entre a temática dos serviços ecossistêmicos e a produção animal, uma vez que as pastagens são a principal forma de alimentação do rebanho brasileiro. Assim, a produtividade primária expressa pela massa de forragem produzido pelas gramíneas foi o método apontado que contribui para o ganho de carcaça animal, convertido em proteína, mas também para a assimilação deste material vivo no solo.

Em função dessa aproximação com a temática produtiva cabe ressaltar que apesar de ser de grande relevância do tema e da necessidade de se concentrar esforços em pesquisas de mitigações no Cerrado, é importante ressaltar que outros serviços que são primordiais para a manutenção ecossistêmica e das atividades agropecuárias não recebem atenção, como a biodiversidade e polinização. Essa lacuna ainda é consistente, apesar da grande preocupação mundial na importância desses serviços para a manutenção da segurança alimentar no planeta

### Referências Bibliográficas

- ABADIAS, I. M., DA FONSECA, P. R. B., BARBOS, C. H., Manejo da pecuária-uma análise sobre impactos ambientais. **Educamazônia-Educação, Sociedade e Meio Ambiente**, v. 24, n. 1, jan-jun, p. 113-125, 2020.
- ABIEC. Perfil da pecuária no Brasil. **Assoc. Bras. Ind. Exportação Carne.**, 2020.
- ALEXANDRATOS, Nikos; BRUINSMA, Jelle. World agriculture towards 2030/2050: the 2012 revision. 2012.
- ARAÚJO, S. A. C.; DEMINICIS, B. B.; CAMPOS, P. R. S. S. Melhoramento genético de plantas forrageiras tropicais no Brasil. **Archivos de zootecnia**, v. 57, n. 2, p. 61-76, 2008.
- BALBINO, Luiz Carlos; BECQUER, Thierry; LAVEHE, Patrick. Integração lavoura-pecuária num latossolo do cerrado: impacto na física, matéria orgânica e macrofauna. 2007.
- BARROS, A. P., DE LIMA, D. A., SOUSA, R. R., DE CASTRO CARVALHO, F. L., DE SAMPAIO MELO, L. F., & FERNANDES, L. P. Alterações na matéria orgânica e nas características químicas de um argissolo vermelho amarelo sob pastagens cultivadas no ifto-campus aragatins-to. in *9ª jice-jornada de iniciação científica e extensão*. 2018.
- BERNOUX, M., & VOLKOFF, B. Soil carbon stocks in soil ecoregions of Latin America. *Carbon sequestration in soils of Latin America*, 65-75. 2006.
- BERNOUX, M., DA CONCEIÇÃO SANTANA CARVALHO, M., VOLKOFF, B., & CERRI, C. C. Brazil's soil carbon stocks. *Soil Science Society of America Journal*, 66(3), 888-896. 2002.
- BIRCH, H. F. The effect of soil drying on humus decomposition and nitrogen availability. **Plant and soil**, v. 10, n. 1, p. 9-31, 1958.

- BOLFE, E. L.; SANO, Edson Eyji; CAMPOS, Silvia Kanadani. Dinâmica agrícola no cerrado: análises e projeções. **Embrapa Informática Agropecuária-Livro científico (ALICE)**, 2020.
- BRAZ, S. P., URQUIAGA, S., ALVES, B. J., JANTALIA, C. P., GUIMARÃES, A. P., DOS SANTOS, C. A. & BODDEY, R. M. Soil carbon stocks under productive and degraded Brachiaria pastures in the Brazilian Cerrado. *Soil Science Society of America Journal*, 77(3), 914-928. 2013.
- BRUNES, L. C.; COUTO, V. R. M. Balanço de gases de efeito estufa em sistemas de produção de bovinos de corte. **Archivos de zootecnia**, v. 66, n. 254, p. 287-299, 2017.
- CANALES, Cristina Bojo. La red SciELO (Scientific Electronic Library Online): perspectiva tras 20 años de funcionamiento. **Hospital a Domicilio**, v. 1, n. 4, p. 211-220, 2017.
- CAPES, PORTAL PERIÓDICOS. Portal periódicos CAPES. **Disponível em: <http://www.periodicos.capes.gov.br/ez88.periodicos.capes.gov.br/index.php>**, 2020.
- CORREA, Juan C. et al. The Sci-hub Effect: Sci-hub downloads lead to more article citations. **arXiv preprint arXiv:2006.14979**, 2020.
- COSTA JUNIOR, C., CÁSSIA PICCOLO, M. D., SIQUEIRA NETO, M., CAMARGO, P. B. D., CERRI, C. C., & BERNOUX, M. Carbono total e  $\delta^{13}\text{C}$  em agregados do solo sob vegetação nativa e pastagem no bioma cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 35, 1241-1252. 2011.
- COUNCIL, British. Creative economy. **Recuperado de Creative Entrepreneurship: creativeconomy. britishcouncil.org/projects/young-creativeentrepreneur-programme**, 2014.
- DA SILVA, J. E., RESCK, D. V. S., CORAZZA, E. J., & VIVALDI, L. Carbon storage in clayey Oxisol cultivated pastures in the “Cerrado” region, Brazil. *Agriculture, ecosystems & environment*, 103(2), 357-363. 2004.
- Daily, G. C., Matson, P. A., & Vitousek, P. M. Ecosystem services supplied by soil. **Nature’s services: societal dependence on natural ecosystems**, 113-132, 1997.
- DE GROOT, Rudolf S.; WILSON, Matthew A.; BOUMANS, Roelof MJ. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. **Ecological economics**, v. 41, n. 3, p. 393-408, 2002.
- De Oliveira, O. C., De Oliveira, I. P., Alves, B. J. R., Urquiaga, S., & Boddey, R. M. (2004). Chemical and biological indicators of decline/degradation of Brachiaria pastures in the Brazilian Cerrado. *Agriculture, ecosystems & environment*, 103(2), 289-300.
- DE SANDES-GUIMARÃES, Luisa Veras; SANTOS, Gildenir Carolino. Pré-avaliação para indexação: DOAJ, Web of Science e SciELO. **Boletim Técnico do PPEC**, v. 6, p. e021008-e021008, 2021.
- DEE, L. E., COWLES, J., ISBELL, F., PAU, S., GAINES, S. D., & REICH, P. B. When do ecosystem services depend on rare species?. *Trends in ecology & evolution*. 2019, p. 746-758.
- DEE, L. E., COWLES, J., ISBELL, F., PAU, S., GAINES, S. D., & REICH, P. B. When do ecosystem services depend on rare species?. **Trends in ecology & evolution**, 34(8), 746-758. 2019.
- DIAS-FILHO, Moacyr Bernardino; FERREIRA, Joice Nunes. As pastagens e o meio ambiente. REIS, R.; BERNARDES, TF e SIQUEIRA, GR (Ed.). **Forragicultura: ciência**,

**tecnologia e gestão dos recursos forrageiros. Jaboticabal: Maria de Lourdes Brandel-ME,** p. 26-49, 2013.

DUBEUX JR, J. C. B., SOLLENBERGER, L. E., INTERRANTE, S. M., VENDRAMINI, J. M. B., & STEWART JR, R. L. Litter decomposition and mineralization in bahiagrass pastures managed at different intensities. **Crop Science**, 46(3), 1305-1310. 2006.

DUBEUX JÚNIOR, J. C. B. et al. Fluxo de nutrientes em ecossistemas de pastagens: impactos no ambiente e na produtividade. **Simpósio sobre o Manejo da Pastagem**, v. 23, p. 439-506, 2006.

EDVAN, Ricardo Loiola. **Sistemas Conservacionistas de Recuperação de Pastagem Degradada.** Appris Editora e Livraria Eireli-ME, 2018.

FAO, Food et al. The future of food and agriculture—Trends and challenges. **Annual Report**, v. 296, 2019.

FAO, World Livestock: Transforming the livestock sector through the Sustainable Development Goals. Rome. 222 p, 2018.

FAO. 2020. The State of Food and Agriculture. Overcoming water challenges in agriculture. Rome. <https://doi.org/10.4060/cb1447en>, 2020.

FAO. **World agriculture: Towards 2030/2050.** Interim Report Food and Agriculture Organisation, Rome. 2006.

FERREIRA, Eloisa Aparecida Belleza. Dinâmica de longo prazo do carbono do solo em sistemas de manejo no Cerrado. 2013.

FREITAS, P. L. D., BLANCANEUX, P., GAVINELLI, E., LARRÉ-LARROUY, M. C., & FELLER, C. (2000). Nível e natureza do estoque orgânico de Latossolos sob diferentes sistemas de uso e manejo. *Pesquisa agropecuária brasileira*, 35, 157-170.

FURNER, JONATHAN. Little book, big book: Before and after little science, big science: A review article, part I. **Journal of Librarianship and Information Science**, v. 35, n. 2, p. 115-125, 2003.

GARFIELD, Eugene; SHER, Irving H. New factors in the evaluation of scientific literature through citation indexing. **American documentation**, v. 14, n. 3, p. 195-201, 1963.

GUARESCHI, R. F., PEREIRA, M. G., & PERIN, A. Oxidizable carbon fractions in Red Latosol under different management systems. *Revista Ciência Agronômica*, 44, 242-250. 2013.

GUARESCHI, Roni Fernandes; PEREIRA, Marcos Gervasio; PERIN, Adriano. Organic matter fractions in areas Oxisol under different management systems in Cerrado the State of Goiás, Brazil. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 6, p. 2615-2628, 2013.

GUIMARAES, Reinaldo. The ethical challenges of Entrepreneurial Logic. **Ciência & saúde coletiva**, v. 24, n. 9, p. 3583-3594, 2019.

KASCHUK, Glaciela; ALBERTON, Odair; HUNGRIA, Mariangela. Quantifying effects of different agricultural land uses on soil microbial biomass and activity in Brazilian biomes: inferences to improve soil quality. **Plant and soil**, v. 338, n. 1, p. 467-481, 2011.

KASCHUK, Glaciela; ALBERTON, Odair; HUNGRIA, Mariangela. Three decades of soil microbial biomass studies in Brazilian ecosystems: lessons learned about soil quality and indications for improving sustainability. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 42, n. 1, p. 1-13, 2010.

- KLUMPP, Katja; SOUSSANA, JEAN-FRANÇOIS. Using functional traits to predict grassland ecosystem change: a mathematical test of the response-and-effect trait approach. **Global Change Biology**, v. 15, n. 12, p. 2921-2934, 2009.
- KUMAR, Pushpam. **The economics of ecosystems and biodiversity: ecological and economic foundations**. Routledge, 2012.
- LEE, Marcus; DIOP, Salif. Millennium ecosystem assessment. **An Assessment of Assessments: Findings of the Group of Experts Pursuant to UNGA Resolution 60/30**, v. 1, p. 361, 2009.
- LILIENFEIN, J.; WILCKE, W. Element storage in native, agri-, and silvicultural ecosystems of the Brazilian savanna. **Plant and Soil**, v. 254, n. 2, p. 425-442, 2003.
- LIU, S., ZAMANIAN, K., SCHLEUSS, P. M., ZAREBANADKOUKI, M., & KUZYAKOV, Y. Degradation of Tibetan grasslands: Consequences for carbon and nutrient cycles. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 252, 93-104, 2018.
- LOSS, A., COUTINHO, F. S., PEREIRA, M. G., SILVA, R. A. C., TORRES, J. L. R., & RAVELLI NETO, A. Soil fertility and oxidizable and total carbon in Oxisol of the Cerrado under pasture irrigated and dryland. *Ciência Rural*, 43(3), 426-432. 2013.
- LOSS, A., PEREIRA, M. G., PERIN, A., COUTINHO, F. S., & dos ANJOS. Particulate organic matter in soil under different management systems in the Brazilian Cerrado. **Soil Research**, v. 50, n. 8, p. 685-693, 2013.
- LYONS, K. G., BRIGHAM, C. A., TRAUT, B. H., & SCHWARTZ, M. W. Rare species and ecosystem functioning. *Conservation biology*, 19(4), 1019-1024. 2005.
- MACÊDO, A. D. S., EDVAN, R. L., SANTOS, E. M., & SOARES, M. D. N. Organic fertilization on tropical pastures. *REDVET*, 19(3). 2018.
- MAPBIOMAS, Projeto. Coleção 4.1 da série anual de mapas de cobertura e uso de solo do Brasil. **Retrieved on May**, v. 24, p. 2019, 2019.
- MARRIOTT, C. A., FISHER, J. M., HOOD, K., & PAKEMAN, R. J. Impacts of extensive grazing and abandonment on grassland soils and productivity. **Agriculture, ecosystems & environment**, 139(4), 476-482. 2010.
- MARTINS, S. C., SALGADO, P. R., VASCONCELLOS, E. B., EVANGELISTA, B. A., PINTO, H. S., & ASSAD, E. D. Capacidade de sequestro de co2 em pastagens produtivas no bioma cerrado. 2010.
- MARTINSEN, V., MULDER, J., AUSTRHEIM, G., & MYSTERUD, A. Carbon storage in low-alpine grassland soils: effects of different grazing intensities of sheep. **European Journal of Soil Science**, 62(6), 822-833. 2011.
- MARZIALE, MARIA HELENA PALUCCI; MENDES, ISABEL AMÉLIA COSTA. O fator de impacto das publicações científicas. **Revista Latino-Americana de Enfermagem**, v. 10, n. 4, p. 466-467, 2002.
- MENEGHINI, Rogerio. O projeto Scielo (Scientific Electronic Library on Line) e a visibilidade da literatura científica" Periférica". **Química Nova**, v. 26, n. 2, p. 155-156, 2003.
- NABOUT, João Carlos et al. Trends and biases in global climate change literature. **Natureza & Conservação**, v. 10, n. 1, p. 45-51, 2012.

OGLE, S. M., ALSAKER, C., BALDOCK, J., BERNOUX, M., BREIDT, F. J., MCCONKEY, B., ... & VAZQUEZ-AMABILE, G. G. Climate and soil characteristics determine where no-till management can store carbon in soils and mitigate greenhouse gas emissions. *Scientific reports*, 9(1), 1-8. 2019.

PARRA, Maurício Rodrigues; COUTINHO, Renato Xavier; PESSANO, Edward Frederico Castro. Um breve olhar sobre a cienciometria: origem, evolução, tendências e sua contribuição para o ensino de ciências. **Revista Contexto & Educação**, v. 34, n. 107, p. 126-141, 2019.

PEREIRA, O. J. R., FERREIRA, L. G., PINTO, F., & BAUMGARTEN, L. Assessing pasture degradation in the Brazilian Cerrado based on the analysis of MODIS NDVI time-series. *Remote Sensing*, 10(11), 1761, 2018.

PIMENTEL, Roberson Machado. Propriedades físicas, carbono e nitrogênio do solo em sistemas agropecuários. 2012.

PINTO, Rute; DE JONGE, Victor N.; MARQUES, João Carlos. Linking biodiversity indicators, ecosystem functioning, provision of services and human well-being in estuarine systems: application of a conceptual framework. **Ecological indicators**, v. 36, p. 644-655, 2014.

PRADO, R. B., FIDALGO, E. C. C., FERREIRA, J. N., CAMPANHA, M. M., VARGAS, L. M. P., DE MATTOS, L. M. & COUTINHO, H. D. C. Pesquisas em serviços ecossistêmicos e ambientais na paisagem rural do Brasil. **Embrapa Cerrados-Artigo em periódico indexado (ALICE)**. 2015.

PRICE, Derek J. Citation measures of hard science, soft science, technology, and nonscience. **Communication among scientists and engineers**, p. 3-22, 1970.

PRICE, DEREK J. DE SOLLA. **Little science, big science**. Columbia University Press, 1963.

REYNOLDS, Christian John; PIANTADOSI, Julia; BOLAND, John. Rescuing food from the organics waste stream to feed the food insecure: an economic and environmental assessment of Australian food rescue operations using environmentally extended waste input-output analysis. **Sustainability**, v. 7, n. 4, p. 4707-4726, 2015.

RIBEIRO PEREIRA, L. G., MACHADO, F. S., CAMPOS, M. M., GUIMARAES JÚNIOR, R., TOMICH, T. R., REIS, L. G., & COOMBS, C. Enteric methane mitigation strategies in ruminants: a review. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 28(2), 124-143, 2015.

RITCHIE, Hannah; ROSER, Max. Land use. **Our World in Data**, 2013.

SEGNINI, A., MILORI, D. M., SIMÕES, M. L., SILVA, W. T. L., PRIMAVESI, O., & MARTIN-NETO, L. Potencial de seqüestro de carbono em área de pastagem de Brachiaria Decumbens. In: **Embrapa Instrumentação-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 31., 2007, Gramado, RS. Conquistas e desafios da ciência do solo brasileira. Anais... Porto Alegre: SBCS, 2007. não paginado. 1 CD-ROM., 2007.

SILVA NETO, S. P. D., SANTOS, A. C. D., LEITE, R. L. D. L., DIM, V. P., NEVES NETO, D. N. D., & CRUZ, R. S. D. Dependência espacial em levantamentos do estoque de carbono em áreas de pastagens de Brachiaria brizantha cv. Marandu. *Acta Amazonica*, 42, 547-556. 2012.

SILVA, José Aparecido da; BIANCHI, Maria de Lourdes Pires. Scientometrics: the measurement of science. **Paidéia (Ribeirão Preto)**, v. 11, n. 21, p. 5-10, 2001.

SOUSSANA, JEAN-FRANÇOIS; LEMAIRE, GILLES. Coupling carbon and nitrogen cycles for environmentally sustainable intensification of grasslands and crop-livestock systems. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 190, p. 9-17, 2014.

SWINTON, S. M., LUPI, F., ROBERTSON, G. P., & HAMILTON, S. K. Ecosystem services and agriculture: cultivating agricultural ecosystems for diverse benefits. 2007.

SZAKÁCS, G. G. J., CERRI, C. C., HERPIN, U., & BERNOUX, M. Assessing soil carbon stocks under pastures through orbital remote sensing. *Scientia Agricola*, 68(5), 574-581. 2011.

TURNER, W. R., BRANDON, K., BROOKS, T. M., COSTANZA, R., DA FONSECA, G. A., & PORTELA, R. (2007). Global conservation of biodiversity and ecosystem services. *BioScience*, 57(10), 868-873.

VANTI, Nadia Aurora Peres. Da bibliometria à webometria: uma exploração conceitual dos mecanismos utilizados para medir o registro da informação e a difusão do conhecimento. **Ciência da informação**, v. 31, p. 369-379, 2002.

VENDRAME, P. R. S., BRITO, O. R., QUANTIN, C., & BECQUER, T. Disponibilidade de cobre, ferro, manganês e zinco em solos sob pastagens na Região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 42, 859-864. 2007.

VENTURIN, Ana Carla Zucolotto; DA SILVA, Luís César. Modelagem e simulação da secagem de arroz com casca: uma análise bibliométrica Modeling and simulation of paddy drying: a bibliometric analysis Modelado y simulación del secado de arroz con cáscara: un análisis bibliométrico. **Soc. Dev**, v. 8, n. 1, p. e4881658, 2019.

WALLACE, K. J. Classification of ecosystem services: problems and solutions. **Biological conservation**, v. 139, n. 3-4, p. 235-246, 2007.

### **3. CAPÍTULO 2. Biomassa e Estoque de Carbono em Pastagens no cerrado: um estudo na Bacia Hidrográfica do Rio Vermelho (Goiás)**

#### **Resumo**

Com a introdução de espécies exóticas nas áreas da pecuária no Brasil ocorreu significativa alteração da paisagem, especialmente no cerrado. Esse processo reproduz outras experiências, nas quais sistemas compostos de novas combinações de espécies e características abióticas eventualmente podem ser capazes de manter a resiliência ecológica do meio e exercer um importante papel no funcionamento ecossistêmico. Assim, o objetivo desse trabalho é testar a relação entre o aumento de biomassa radicular e aérea com os estoques de carbono em sistemas de pastagens com manejos diferentes distribuídos na Bacia Hidrográfica do Rio Vermelho. Foi possível constatar que as diferentes formas de manejo demonstraram uma relação significativa na produção de raízes e estoque de carbono. Portanto, O manejo é um fator primordial na efetividade da conversão de gramíneas em matéria orgânica no solo destes ambientes.

#### **Abstract**

With the introduction of exotic species in livestock areas in Brazil, there was a significant change in the landscape, especially in the cerrado. This process reproduces other experiments, in which systems composed of new combinations of species and abiotic characteristics may eventually be able to maintain the ecological resilience of the environment and play an important role in ecosystem functioning. Thus, the objective of this work is to test the relationship between the increase in root and aboveground biomass with carbon stocks in pasture systems with different managements distributed in the Red River Basin. It was possible to verify that the different forms of management demonstrated a significant relationship in the production of roots and carbon stock. Therefore, management is a key factor in the effectiveness of converting grasses into soil organic matter in these environments.

## Introdução

Sistemas compostos de novas combinações de espécies e características abióticas, são cada vez mais comuns e eventualmente podem ser capazes de manter a resiliência ecológica do meio, devido a traços específicos das espécies que fazem com que estas exerçam um importante papel no funcionamento ecossistêmico (HOBBBS, 2009; VAN MECHELEN, 2015). Além do potencial da manutenção dos ecossistemas, novas combinações de espécies pioneiras em um determinado local, devido a um distúrbio estocástico ou antrópico, podem influenciar no aumento dos serviços que são fornecidos ou perdidos a partir de determinado tipo de ecossistema (KING & HOBBS, 2006).

Dentre as espécies que foram preconizadoras de novos ecossistemas estão as forrageiras exóticas introduzidas na América do Sul. As gramíneas africanas tiveram uma grande adaptação a diversos tipos de solos, principalmente aos ácidos da região do Cerrado brasileiro. Entre elas estão *Hyparrhenia rufa* (capim-jaraguá), *Brachiaria spp.* (capim-braquiária), *Panicum maximum* (capim-colonião) e *Melinis minutiflora* (capim-gordura) (PARSONS, 1972). Como exímias plantas de metabolismo C4 essas espécies possuem altas taxas de crescimento, rebrotamento e regeneração, e uma capacidade de acúmulo de biomassa. Assim, formam uma densa camada de matéria seca, que foram atrativos funcionais fundamentais para a introdução das espécies no Brasil (FIDALSKI, 2015).

Com a introdução de espécies exóticas nas áreas da pecuária no Brasil ocorreu significativa alteração da paisagem. A *Brachiaria decumbens* foi pioneira nessa expansão, pela grande eficiência fotossintética e maior produtividade em termos de matéria seca, até surgirem problemas com as pragas. Apesar de serem altamente resistentes a solos de baixa fertilidade essa espécie é intolerante a cigarrinhas-das-pastagens (Hemiptera: Cercopidae) (MATEUS, 2015). Para contornar o problema das pragas, na década de 1980 a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) lançou uma nova variedade da espécie de braquiária que é resistente às cigarrinhas, a *Brachiaria brizantha marandu*, que se tronou o capim mais plantado no Brasil (TEIXEIRA, 2020; DO VALE BEZERRA, 2020).

Estima-se que no ano de 2050 a demanda por alimentos será o dobro da atual, e o Brasil já está na liderança das exportações de carne bovina. Nesse contexto, o desafio de produzir mais sem desmatar novas áreas está eminente para que não ocorra mais emissões e o aquecimento do planeta não ultrapasse os 2 °C. Uma das alternativas de mitigação dos impactos negativos no âmbito do uso das terras está em um melhor manejo das pastagens e recuperação de outras

que já foram convertidas ou estão em algum grau de degradação (MALAFAIA, 2020; DIAS, 2020).

Ao se considerar que a produção de carne bovina é um dos fatores a impulsionar a economia brasileira e que o país possui uma pecuária 95% a pasto, com menor custo de produção em relação ao confinamento, percebe-se que a agropecuária não irá restringir sua produção, mas sim investir na tecnificação para tentar aumentar a eficiência das áreas já convertidas para a atividade (LANDAU, 2020; MALAFAIA, 2020). Uma das soluções para ajudar esse quadro é o investimento nas forrageiras exóticas, que tem sua produtividade influenciada pelas condições do clima, solo, disponibilidade de água e fertilidade da região (TEIXEIRA, 2021).

A escolha da forrageira é a porta de entrada para um aporte de biomassa altamente produtiva, que aliada a condições de solo e clima irá refletir em um boi com um alto valor de carcaça, ou carnes nobres, o que irá refletir em ganhos econômicos. Mas não se sabe ao certo como essa dinâmica poderá responder em melhorias, ou ao menos na conservação de alguns serviços que são essenciais para o funcionamento desse novo ecossistema implantado. Identificar como é o comportamento das principais espécies exóticas cultivadas no Brasil nas respostas ambientais pode ser fundamental para mudarmos o panorama na pecuária (PENIDO, 2019). O que também poderá motivar as instituições de pesquisa a incorporarem a dimensão ambiental, além da econômica, no desenvolvimento de novos cultivares, incorporando as características ecológicas e sistêmicas (BERNDT, 2010).

As braquiárias e suas cultivares já dominam as pastagens brasileiras com uma alta capacidade de ciclagem de biomassa, e quando bem manejadas podem promover um maior *turnover* de matéria orgânica no solo (DO VALLE, 2015). Esse estoque de matéria aliado a agentes decompositores pode aumentar as taxas de nutrientes. Dessa forma, diminui-se a necessidade de fertilizações nitrogenadas e com isso tem-se uma diminuição do N<sub>2</sub>O liberado na atmosfera e uma menor contaminação de recursos hídricos, uma vez que esses compostos são responsáveis pela eutrofização de rios e lagos (DA SILVA MALAQUIAS, 2021).

Então é legítimo considerar que uma alternativa para manter a fertilidade do solo e a dinâmica da ciclagem de nutrientes é a escolha da forrageira mais adaptadas às condições do sistema. É necessária uma sincronia ente o nutriente liberado na decomposição da biomassa da planta e a demanda da cultura de interesse (SANTOS, 2014). Com o aumento e a intensificação da pecuária tem-se a preocupação de utilizar nas áreas de pastagens cultivares que garantam

alta produtividade, conseqüentemente uma dinâmica maior na ciclagem de nutrientes (DA SILVA, 2014; HENTZ, 2014).

O ganho em serviços ecossistêmicos em sistemas já modificados, como é o caso das pastagens tropicais, irá diminuir a demanda de investimentos em fertilizantes, custos que dificultam o manejo do produtor. Assim, um melhor manejo das braquiárias tem como consequência um aumento de produtividade que é refletida em uma ótima cobertura do solo (biomassa), uma resposta desses ambientes em garantir uma melhor eficiência na utilização de energia solar incidente no sistema e incorporação de carbono via matéria orgânica no solo (VELOSO, 2020).

Em regiões de clima tropical, as condições climáticas favorecem a decomposição da matéria orgânica do solo, armazenando menos carbono em relação a regiões de clima temperado. Apesar dessa maior taxa de decomposição de matéria orgânica os solos em regiões de clima tropical estocam 32 % do total de C orgânico contido nos solos do planeta (ZDRULI, 2017). Estima-se que a quantidade de carbono estocada no solo até um metro de profundidade esteja em torno de 1.576 Pg, distribuídos em 12,8 bilhões de hectares, nos continentes, o que equivale a cerca de três vezes a quantidade de carbono no reservatório biótico e duas vezes a quantidade contida na atmosfera terrestre. Os sistemas agrícolas e pecuários possuem uma capacidade de sequestro de 0,4 a 8,6 Gt CO<sub>2</sub> eq por ano, ademais segundo o relatório do IPCC a maneira mais eficiente de aumentar este sequestro será a utilização de plantas com raízes mais profundas (EVE, 2002; ZHONGMING, 2019 ).

Em sistemas de pastagens brasileiras já foi comprovado que condições ambientais favoráveis, como o tipo de solo (ASSAD, 2013) e o tipo de manejo que o produtor pratica no pasto, irá influenciar nos estoques de carbono da atividade. Para esse incremento de carbono no solo o sistema radicular da planta forrageira é parte central para a estruturação do solo, por meio da formação de agregados estáveis, macroporosidade e canais, aumentando a percolação de água e diminuindo a densidade do solo. Além disso elas liberam exsudados que promovem uma maior interação com a atividade de microrganismos e o constante acúmulo de matéria orgânica. Assim, solos ocupados por pastagens possuem uma enorme vantagem na manutenção das raízes de suas culturas, se tornando ambientalmente superiores aos solos agrícolas, pelo não revolvimento do solo e liberação de carbono estocado, um grande vilão na emissão de gases de efeito estufa.

Uma área de alta representatividade da pecuária no Cerrado é a região noroeste goiana, onde está situada a Bacia Hidrográfica do Rio Vermelho. Esta região tem-se apresentado como

laboratório de estudo em diversos trabalhos que buscam identificar as condições das pastagens e suas relações com o manejo pecuário (SANTOS, 2018) e apresenta ser uma ótima área de trabalho para se mensurar a produtividade de raízes das forrageiras africanas.

Em função do exposto nosso objetivo nesse trabalho é testar a relação entre o aumento de biomassa radicular e aérea com os estoques de carbono em sistemas de pastagens com manejos diferentes distribuídos na Bacia Hidrográfica do Rio Vermelho.

## 5. Metodologia

### 5.1. Área de estudo

Localizada no limite oeste do Estado de Goiás, a Bacia Hidrográfica do Rio Vermelho possui uma extensão territorial de aproximadamente 10.824 km<sup>2</sup>, que fazem intersecção com os municípios de Aruanã, Britânia, Matrinchã, Santa Fé de Goiás, Jussara, Itapirapuã, Novo Brasil, Fazenda Nova, Buriti de Goiás, Faina e Goiás. Dentre as atividades de uso do solo as pastagens estão em destaque na Bacia (Vieira, 2013), sendo as braquiárias as forrageiras dominantes (Figura 1).

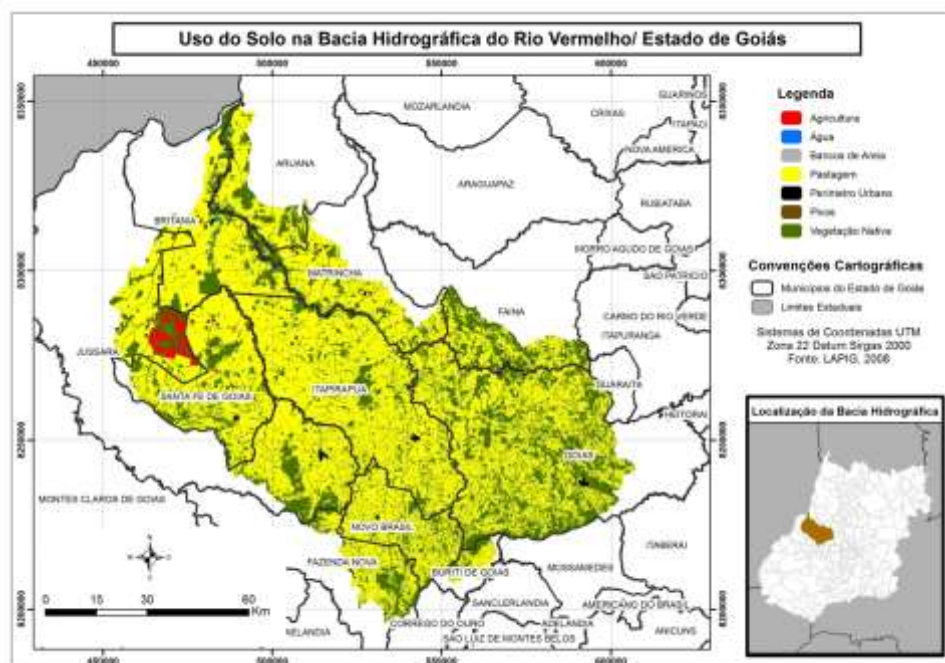


Figura 1. Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do Rio Vermelho, em destaque (amarelo) as áreas de pastagens, atividade mais representativa no local.

A Bacia do Rio Vermelho tem sido estudada pela equipe do Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento (LAPIG/UFG), e já foram realizados vários levantamentos de uso e ocupação do solo, análises biofísicas do solo. Atualmente está em execução projetos que irão fazer levantamentos de solo, produtividade primária bruta por sensoriamento remoto, dentre outros. Portanto, a pesquisa executada é vinculada a estes projetos (principalmente as coletas de campo) e contribuirá para um maior entendimento no âmbito ecológico.

Ao tomarmos a Bacia do Rio Vermelho como laboratório experimental podemos ter uma maior acurácia e confiabilidade dos dados, devido a pequena escala, para depois realizar futuras extrapolações e modelos a posteriori.

A coleta de biomassa na bacia hidrográfica do Rio Vermelho foi realizada nos meses de outubro e novembro de 2016, em dez propriedades com diferentes tipos de manejo, características geomorfológicas, declividade, investimentos econômicos, as quais possuem como principal sistema produtivo a pastagem, e na ocorrência da espécie *Brachiaria brizanta*. O ponto de coleta foi selecionado aleatoriamente dentro de cada pasto, evitando-se locais com pisoteio do gado e ainda sem cupins. (Figura 2).

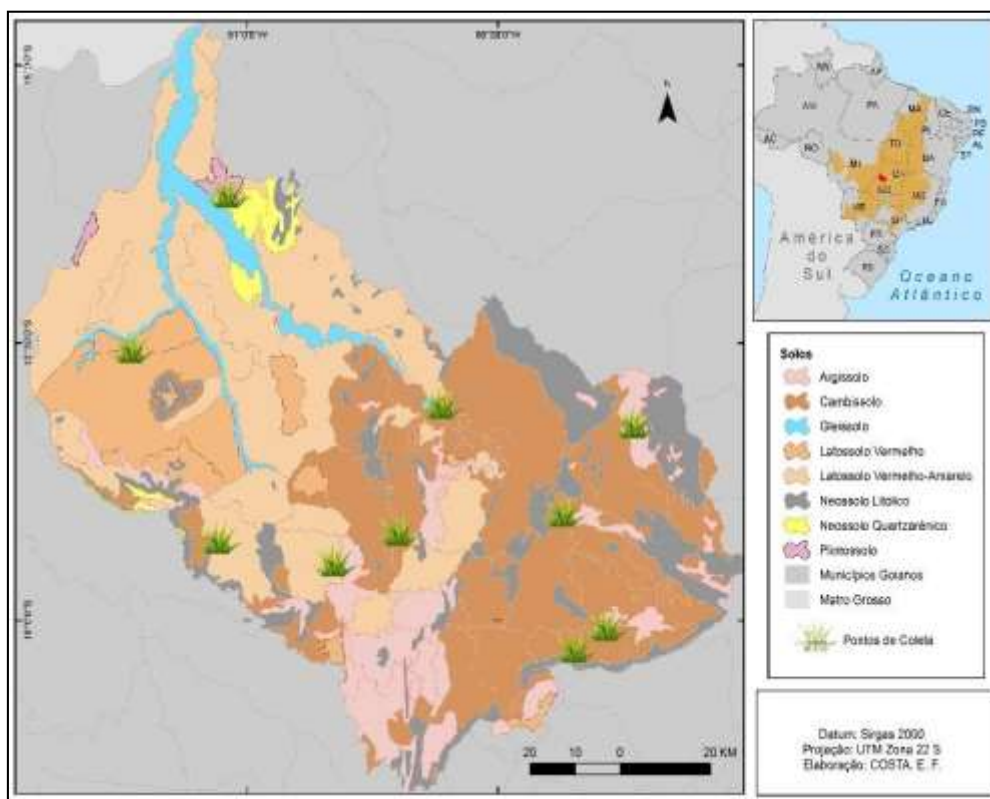


Figura 2. Pontos coletados de solo e biomassa na Bacia Hidrográfica do Rio Vermelho.

Dentro de cada amostra foram delimitados três pontos de coleta aleatórios, três réplicas a fim de representar todas as peculiaridades do pasto visitado (i.e. mais representativo da propriedade), com base na informação do proprietário. A partir do primeiro ponto selecionado, o segundo foi determinado a 100 metros de distância do primeiro e do terceiro, de tal forma que estes três pontos formassem um triângulo equilátero (Figura 3).

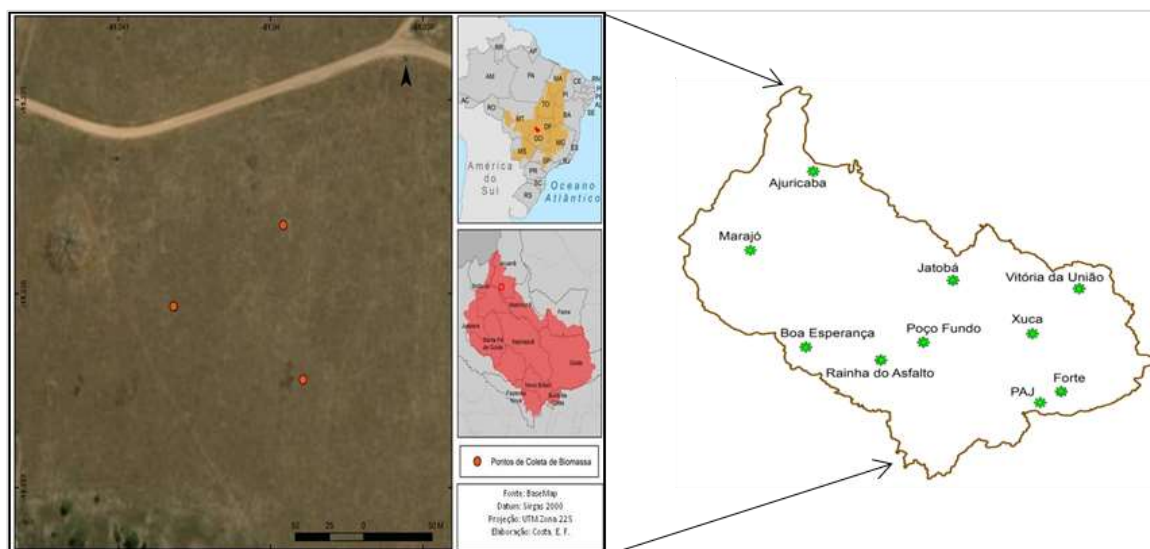


Figura 3. Mapa com a localização dos três pontos de coleta dos dados de biomassa no pasto.

O método de colheita da biomassa utilizado foi o do quadrado, que consistiu no corte de toda a vegetação gramínea presente em um quadrado de 1 m x 1 m (CARDOSO, 2000; RALLY DA PECUÁRIA, 2015). O material vegetal foi coletado rente ao solo, logo após foi separada em viva (verde) e morta (seca) e, posteriormente, pesada com balança de campo, enquanto as raízes subterrâneas foram manualmente separadas do solo com auxílio de peneiras com malha de 2 mm e 1 mm. Ainda foram identificados (a olho nu) a macrofauna presente no quadrado amostrado, sendo estas informações inseridas no formulário de campo (Apêndice 2). Em laboratório, as amostras foram lavadas em água corrente para perfeita separação da biomassa ao solo (Figura 4). Com o auxílio de paquímetro digital, as raízes foram classificadas em dois grupos de acordo com seu diâmetro: finas, < 5 mm, e miscelânea, incluídas estruturas subterrâneas com diversos tamanhos, tais como xilopódios, bulbos, rizomas, tubérculos e outros. A biomassa subterrânea, representado por todo o sistema radicular, foi selecionada até a profundidade de 30 cm no mesmo quadrante da coleta de biomassa aérea, conforme metodologia sugerida pelo IPCC (2006).



Figura 4. Fotografias com as etapas de seleção do pasto (A), coleta da biomassa aérea aleatoriamente (B) e (C), coleta da biomassa subterrânea (raízes) (D) e (E), lavagem (G), separação (H) e secagem em laboratório (I).

Em laboratório as amostras foram levadas a estufa, sendo que a biomassa aérea a temperatura de 105°C por aproximadamente 72 horas, já as amostras de raízes foram secas na mesma estufa com temperatura de 60°C entre 48 e 72 horas até que atingisse um peso constante. Após o procedimento todo o material foi pesado novamente.

Após a secagem o material foi triturado em moinho (tipo Wiley) de rotor com facas acoplado com peneira de 20 Mesh. Cem gramas de cada amostra foram separados e enviadas para análise em laboratorial. Foram determinados os teores de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S) e nitrogênio (N) (método de Kejdhal), bem como, micronutrientes Fe (Ferro), Cu, Mn, Zn, B e Al. Procedimento realizado no laboratório de forragicultura da Faculdade de Agronomia da Universidade Federal de Goiás.

Para garantir a privacidade das propriedades onde foram realizadas as coletas serão adotadas letras representativas (A,B,C,D,E,F) em substituição dos seus respectivos nomes. Ressaltando os pastos presentes em todas as propriedades amostradas estiveram sob efeito de pastejo, representativos da realidade local (Tabela 1).

Tabela 1. Descrição de manejo das propriedades em que foram realizadas as coletas de biomassa aérea e subterrânea.

<b>Propriedade</b>	<b>Descrição</b>
<b>A</b>	30 anos de formação do pasto, 212 ha divididos em 11 piquetes, ciclos de cria e recria com manejo extensivo sem a utilização de insumos agrícolas ou assistência técnica.
<b>B</b>	12 anos de formação do pasto, 41 ha divididos em 3 piquetes, ciclos de cria e recria com manejo rotacionado sem a utilização de insumos agrícolas com assistência técnica.
<b>C</b>	20 anos de formação do pasto, 38 ha divididos em 7 piquetes, ciclo de cria com manejo rotacionado sem a utilização de insumos agrícolas com assistência técnica.
<b>D</b>	23 anos de formação do pasto, 692 ha divididos em 23 piquetes, ciclos de cria, recria e engorda com manejo rotacionado com a utilização de insumos agrícolas e faz assistência técnica.
<b>E</b>	33 anos de formação do pasto, 3872 ha divididos em 85 piquetes, ciclos de cria, recria e engorda com manejo rotacionado com a utilização de insumos agrícolas e faz assistência técnica.
<b>F</b>	2 anos de formação do pasto, 106 ha divididos em 8 piquetes, ciclos de cria e recria com manejo extensivo sem a utilização de insumos agrícolas nem assistência técnica.
<b>G</b>	20 anos de formação do pasto, 1645 ha divididos em 18 piquetes, ciclo de cria com manejo extensivo sem a utilização de insumos agrícolas nem assistência técnica.
<b>H</b>	40 anos de formação do pasto, 29 ha divididos em 3 piquetes, ciclos de cria e recria com manejo extensivo sem a utilização de insumos agrícolas nem assistência técnica.
<b>I</b>	4 anos de formação do pasto, 338 ha divididos em 12 piquetes, ciclos de cria, recria com manejo rotacionado e a utilização de insumos agrícolas e faz assistência técnica.
<b>J</b>	20 anos de formação do pasto, 1872 ha divididos em 45 piquetes, ciclos de cria, recria e engorda com manejo rotacionado, utilização de insumos agrícolas e faz assistência técnica.

Os estoques de C nas frações da MOS e no solo foram calculados por camada equivalente de solo, utilizando a fórmula:  $E = C \times Ds \times e \times 10$  Onde, E = estoque de C na camada de solo ( $Mg\ ha^{-1}$ ); C = concentração de C ( $g\ kg^{-1}$ ); Ds = densidade do solo ( $g\ dm^{-3}$ ); e = espessura da camada de solo analisada (m); 10 = fator de correção de unidades.

Foram utilizados os dados coletados por Assad *et al.*, (2013) de 38 pontos distribuídos pelo Cerrado, para cunho de validação e comparativo do presente estudo. Também foi realizada uma análise de componentes principais para a ordenação dos micronutrientes e macronutrientes avaliados na braquiária e no solo.

### Resultados e Discussão

As pastagens presentes na bacia hidrográfica do Rio Vermelho possuem diferentes aspectos de produtividade de biomassa aérea e subterrânea. Foram encontrados uma variação de 1,39 a 6,61  $ton/ha^{-1}$  (média de 4,43  $ton/ha^{-1}$  e desvio padrão 3,72  $ton/ha^{-1}$ ) de matéria seca acima do solo e uma variação de 11,8 a 32,7  $ton/ha^{-1}$  de raízes (média de 21,4  $ton/ha^{-1}$  e desvio padrão de 7,61  $ton/ha^{-1}$ ) e os estoques de carbono no solo tiveram uma mínima 17,99 e máxima 75,18  $ton/ha^{-1}$  (média de 44,73 e desvio padrão de 16,91  $ton/ha^{-1}$ ) (Figura 5). A idade das pastagens não foi um fator que determinou a produtividade e estoque de carbono ( $p > 0,05$ ).

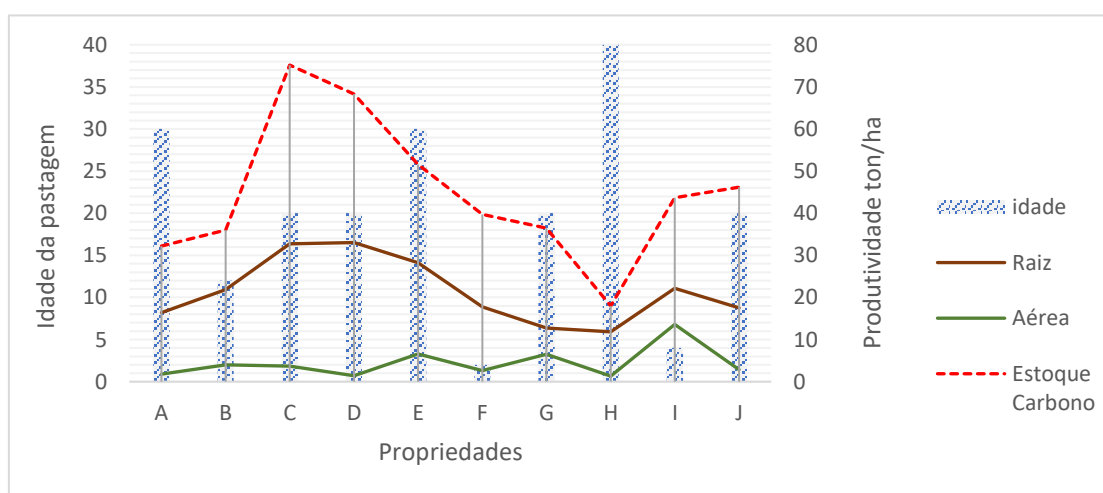


Figura 5. Produção de matéria seca da biomassa aérea, subterrânea e estoques de carbono nas pastagens amostradas com diferentes idades de formação.

A produtividade de biomassa aérea teve níveis inferiores ao que foi encontrado por Veloso (2020) e Arruda (2008) com mínimas de 2,60 e 2,12 ton/ha<sup>-1</sup> respectivamente, no mesmo período do ano e com características de solo similares. O que pode ser explicado pelo efeito do sobrepastejo, que foi evidente em algumas amostras em associação com a baixa disponibilidade de nutrientes para produtividade, que desencadeou as quedas na assimilação do carbono pelas forrageiras. Santos et al (2018) já demonstraram o processo de queda na produtividade de biomassa nos períodos de estiagem, devido ao estresse hídrico passado pelas variantes africanas, o que associado a práticas não conservacionistas de manejo, que não retiram o gado para descansar a planta afim de estar preparada para a rebrota, acometendo assim suas reservas de carboidratos, perfilho e colmo, dificultando sua recuperação no início do período chuvoso (PERON, 2004).

As diferentes intensidades de manejo demonstraram uma relação significativa na produção de raízes e estoque de carbono (Figura 6). Embora com uma produtividade de fitomassa subterrânea inferior a encontrada por Santos (2007) com mínimas de 28,98 ton/ha<sup>-1</sup> e máxima de 91,45 ton/ha<sup>-1</sup>, tiveram um papel importante na incorporação do carbono orgânico no solo. O maior volume radicular e de carbono estocado foi representado pelas pastagens com a média de 20 anos, demonstrando a eficiente decomposição dos resíduos na formação de agregados. Estas também foram as áreas em que os solos tiveram uma menor densidade, em média 1,30 g/cm<sup>3</sup>, valor inferior ao considerável risco de desenvolvimento radicular, que é de 1,45 g/cm<sup>3</sup> em solos argilosos e 1,65 g/cm<sup>3</sup> para arenosos. Sendo que, a maior porcentagem da formação dos solos de pastagens amostradas teve mais de 50% da fração areia em sua composição. Em áreas com níveis altos de degradação Figueiredo (2009) estimou valores de 1,73 g/cm<sup>3</sup> em pastagens.

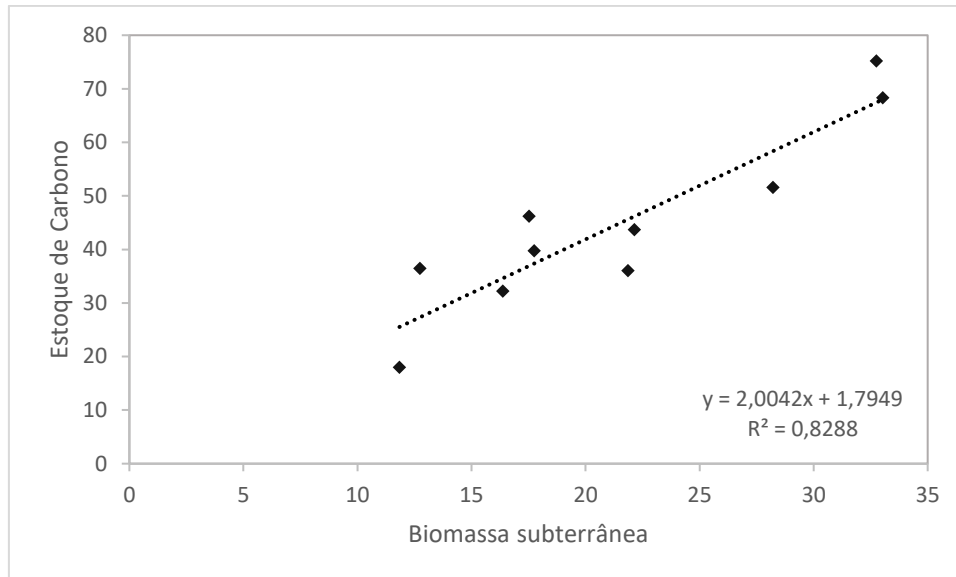


Figura 6. Relação significativa ( $P < 0,01$ ) entre o estoque de carbono no solo e a biomassa de raízes nas pastagens amostradas na Bacia Hidrográfica do Rio Vermelho.

Um solo altamente compactado torna-se uma barreira para o crescimento radicular, alterando a porosidade do solo e a formação de agregados. A biomassa de raízes das braquiárias contribui para a aeração e estruturação do solo, que na presença de uma intensa atividade microbiana estabelece a incorporação desse material em agregados. Assim, pastagens que possuem uma alta taxa dessa biomassa conseguem proporcionar uma rápida recuperação da parte aérea, mesmo após eventos de desfolhas sob efeitos de pastejo ou variáveis ambientais, o que previne processos futuros de degradação. Além disso, já foi demonstrado que as forrageiras braquiárias possuem capacidade de reestruturar o solo, prevenindo o aparecimento de erosões (SANTOS, 1998)

Níveis extremos de degradação foram encontrados em algumas propriedades amostradas, refletindo em baixas concentrações de carbono no solo e queda na produtividade de biomassa área e subterrânea. Os pastos da fazenda H possuem formações antigas, com mais de trinta anos de manejo extensivo, situadas em cambissolos planos, com as mesmas características de solo da fazenda C, que possui elevadas concentrações de carbono no solo. O que demonstra que o manejo é um fator primordial na efetividade da conversão de gramíneas em matéria orgânica no solo destes ambientes, esta que teve uma variação de 5,5 a 12,6 dag/cm<sup>3</sup>. Estes valores são compatíveis aos encontrados pela literatura como Lange (2019) que após 20 anos de conversão de uma mata nativa (15,6 dag/cm<sup>3</sup>) encontrou 11,6 dag/cm<sup>3</sup> para o teor de matéria orgânica no solo de pastagem em todo o perfil de coleta (0 a 30 cm).

Nas regiões tropicais, inclusive em grandes áreas no Brasil, os solos são mais intemperizados, predominando argilas de baixa atividade e teor baixo a médio de matéria orgânica (BARBIERI, 2017 ) entretanto, os teores de matéria orgânica estiveram mais elevados nas pastagens onde o *input* de biomassa, por meio de raízes e folhas mortas foi maior na região mais superficial do solo. Parte significativa das propriedades (70%) não utilizaram qualquer tipo de fertilização anterior a coleta, o que apresenta impacto na manutenção das raízes e microbiota local nos processos de decomposição e na formação de agregados no solo. O que explicaria o fator de um estoque maior de carbono em propriedades que priorizem a cultura da forrageira, seu crescimento, respeitando os limites fisiológicos da planta, bem como a manutenção da estrutura física do solo, sem a prática do arado ou do fogo. O carbono pode ser mais volátil por não estar aprisionado em estruturas de agregados aderidos a exsudatos de matéria orgânica, sendo mais facilmente emitido a atmosfera por futuros processos de degradação.

Para uma maior robustez do resultado da relação do aumento da matéria orgânica com a manutenção das plantas forrageiras, refletindo em altas nos estoques de carbono, uma análise *a posteriori* confirmou a realidade presente na Bacia do Rio Vermelho. Em propriedades com diferentes classes de solo e manejo das pastagens, distribuídas por todo o Cerrado, obteve-se uma relação significativa positiva ( $R^2 = 0,6$ ;  $p < 0,001$ ) entre o estoque de carbono e a matéria orgânica no solo, corroborando a importância da conservação das braquiárias (Figura 7), principalmente o fortalecimento do seu sistema radicular, favorecendo a manutenção e acúmulo da matéria orgânica no solo garantindo, assim, o fluxo contínuo de substrato e energia para os organismos do solo, tendendo para o aumento dos estoques de carbono.

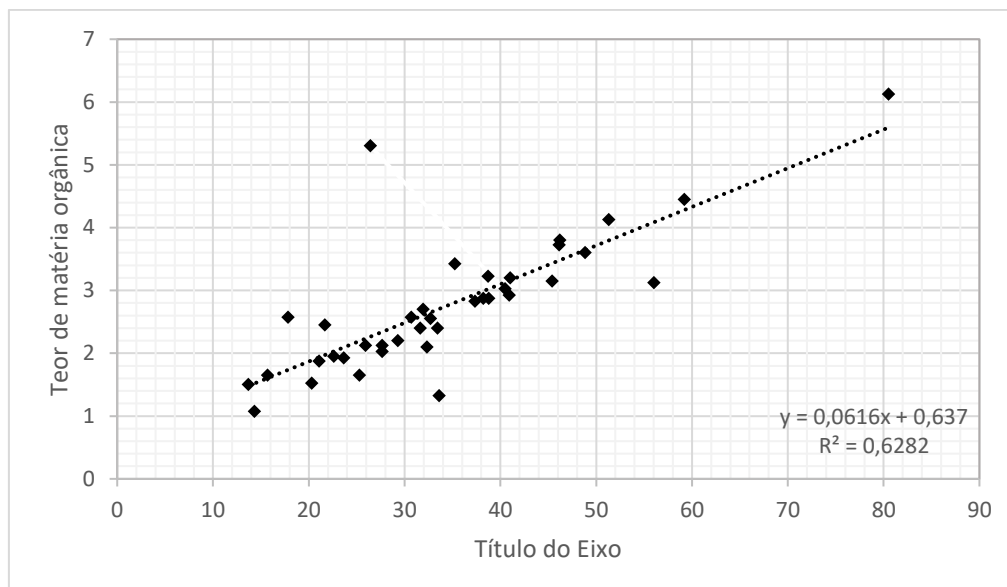


Figura 7. Relação significativa ( $P < 0,01$ ) entre o estoque de carbono e a matéria orgânica no solo nos pontos amostrados no Cerrado por Assad (2013) e nas amostragens na Bacia Hidrográfica do Rio Vermelho.

O sistema radicular das forrageiras contribui para a estabilização da matéria orgânica no solo, o carbono derivado das raízes possui um período de residência 2,4 vezes maior que o C derivado da parte aérea, sua contribuição para a matéria orgânica é em torno de 30% maior em relação a fitomassa aérea das gramíneas (ROSSI, 2011). Assim, o manejo conservacionista encontrado em algumas propriedades consegue suprir a deficiência de fertilização, que é um custo alto para o produtor, na manutenção das braquiárias, se aproveitando das características fisiológicas de adaptação dessa espécie para se desenvolver em ambientes como os solos do cerrado brasileiro.

Os resultados do presente trabalho evidenciam a atuação da plasticidade fenotípica das forrageiras africanas no que se refere a capacidade que a planta tem de se adaptar a agentes estressantes, fazendo com que a produção de biomassa seja moldada para além de sua carga genética originária por fatores externos ambientais, que no presente estudo é representado pelas ações de manejo atribuídos a essas pastagens. Desse modo foram observadas áreas de pastagem que possuem características de solo semelhantes na mesma bacia, possuem o fator manejo como o diferencial para o desenvolvimento da fisiologia dessas forrageiras, interferindo na composição de micronutrientes.

A disponibilidade de nutrientes no solo apresenta uma forte influência no desenvolvimento das gramíneas. Os solos amostrados apresentaram dois grupos de pH, um com

baixos níveis e outro grupo intermediário, o primeiro implica em elevados teores de Al (alumínio tóxico) e baixos de Ca (Cálcio) e Mg (Magnésio), com baixa atividade microorganismos responsável pela decomposição. O segundo apresenta uma ausência de Al (tóxico), com intermediária presença de micronutrientes, sendo um pH ideal para a maioria das culturas. A presença de Ca é essencial para a manutenção dos solos e está fortemente correlacionada negativamente com a idade das pastagens e os níveis de alumínio. O que pode ser observado na figura 7, as relações entre as propriedades E, C e J com a presença de Ca (cálcio), P (fósforo) e K (potássio) em contrapartida as propriedades H e A relacionadas a maior idade (muitos anos de formação da pastagem) e alta presença de Al no solo. O que se deu pelo resultado de investimentos em técnicas de adubação e manejo conservacionistas deste primeiro grupo (Figura 8).

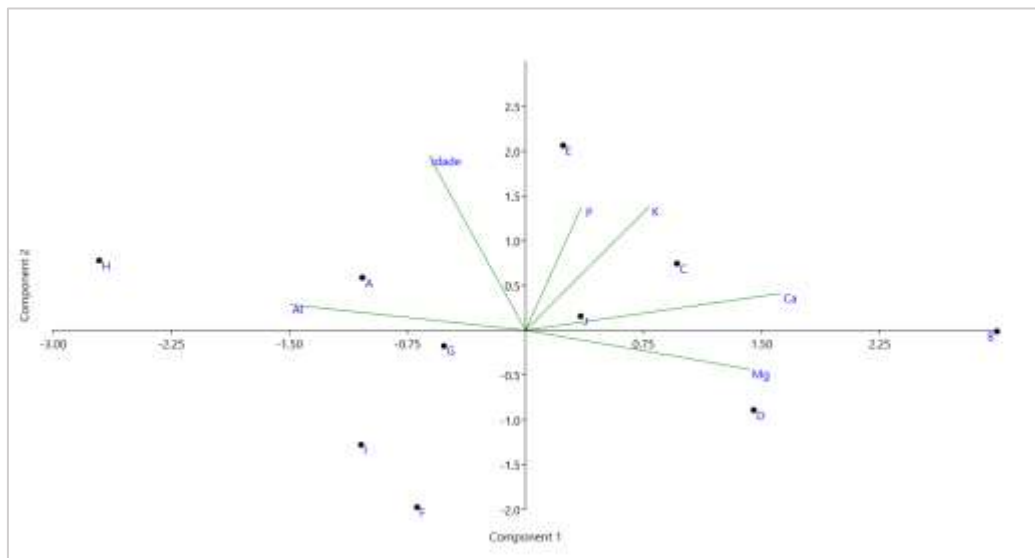


Figura 8. Dispersão das amostras de solo para cada propriedade em função dos escores dos componentes principais representados pelos macronutrientes e idade.

A calagem é um tipo de técnica muito utilizada pelos produtores em áreas de pastagem no cerrado: devido à natureza originalmente ácida dos solos, ricos em alumínio, é necessário um aporte de nutrientes para a manutenção das culturas forrageiras. Apesar das braquiárias estarem familiarizadas com este tipo de solo, devido à similaridade com os solos africanos, a capacidade da calagem de neutralizar o efeito fitotóxico do Al aumenta a disponibilidade de nutrientes para as plantas.

Em áreas onde não são realizadas as correções necessárias do solo, onde este permanece com grandes concentrações de Al, como observado para a propriedade H, G e A, ocorre inibição

do crescimento das raízes, que acarreta uma deficiência mineral pela falta de absorção do sistema e conseqüentemente um estresse hídrico e diminuição de produção da biomassa aérea. O que pode ser observado pelos valores baixíssimos de biomassa subterrânea e aérea encontradas nas amostragens nesses locais (figura 9).

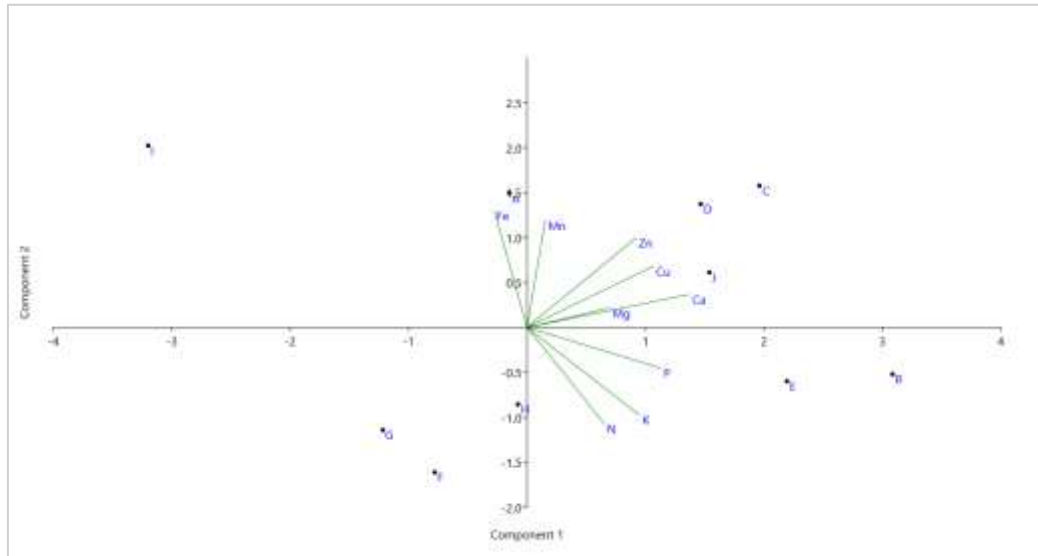


Figura 9. Dispersão das amostras de braquiária para cada propriedade em função dos escores dos componentes principais representados pelos macros e micronutrientes.

Além da deficiência em nutrientes no solo as plantas também responderam negativamente as altas concentrações de Al no solo, que pode ser comprovada nas baixas taxas de mirco e macronutrientes essenciais para o desenvolvimento encontradas nas gramíneas das pastagens amostradas. Os macronutrientes primários nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) se agruparam e foram bem representados pelas propriedades B e E, lembrando que estas também apresentaram altos níveis de estoque de carbono no solo. Os micronutrientes Mn, Zn, Cu, Ca e Mg foram associados também ao eixo 1 e encontrados em grande quantidade nas propriedades C e D, que em conjunto com a alta concentração dos macronutrientes pode ter sido responsável pelos altos índices de biomassa radicular encontrados. Em contrapartida as propriedades A e I tiveram uma alta presença de ferro (Fe) na composição das gramíneas, representado pelo eixo 2. As demais propriedades H, G n b e F ficaram em uma situação intermediária, não estiveram associadas a nenhum nutriente, enfatizando a baixa concentração desses elementos nesses ambientes.

## Conclusão

O aumento da biomassa radicular em sistemas de pastagem com braquiária favorece a retenção de matéria orgânica, transformando-os em sumidouros de carbono em boas condições de manejo. Os estoques de carbono relacionados ao manejo já foram comprovados por diversos estudos no cerrado e em outros biomas, mas a relação direta e comprovada deste serviço ecossistêmico com a manutenção do sistema radicular em áreas não experimentais, sob efeito de alto pastejo, representando um retrato da pecuária brasileira, não são comuns.

Dentre os resultados obtidos na presente pesquisa destacamos:

- As diferentes intensidades de manejo demonstraram uma relação significativa na produção de raízes e estoque de carbono.
- O manejo é um fator primordial na efetividade da conversão de gramíneas em matéria orgânica no solo destes ambientes.
- Os resultados do presente trabalho evidenciam a atuação da plasticidade fenotípica das forrageiras africanas no que se refere a capacidade que a planta tem de se adaptar a agentes estressantes, fazendo com que a produção de biomassa seja moldada para além de sua carga genética originária por fatores externos ambientais, que no presente estudo é representado pelas ações de manejo atribuídos a essas pastagens.
- Em áreas onde não são realizadas as correções necessárias do solo, onde este permanece com grandes concentrações de Alumínio ocorre inibição do crescimento das raízes, que acarreta uma deficiência mineral pela falta de absorção do sistema e conseqüentemente um estresse hídrico e diminuição de produção da biomassa aérea

Assim, nossos resultados são de extrema importância para o fortalecimento da pecuária nacional estabelecida em diversos níveis. Demonstrando que a manutenção da parte central do sistema pastagem, as raízes, são a chave para a manutenção destes ambientes. Levar esse conhecimento ao produtor e incentivá-lo a tratar da pastagem como uma cultura de forrageiras é a tomada inicial de medidas de proteção do solo e valoração dos serviços prestados pesa sua conservação.

Um quadro recorrente em nossa área de estudo e já foi relatado por todo país, foi a perda de área de pastagens para agricultura. Vale ressaltar que a atividade pecuária tem demandado um investimento muito maior. Por isso aumentar a rentabilidade de animais por hectare não é tarefa fácil para o baixo investimento do pequeno pecuarista. O produtor de ciclo completo da pecuária de corte em média precisa operar uma produtividade 7,5% vezes maior em relação a produtividade média brasileira para ser competitivo com as culturas de soja e milho

(NOGUEIRA, 2020). Estes índices demonstram a pressão sobre o produtor, que acaba entregando a terra para arrendamentos e recebendo uma lucratividade maior. O que acarreta em perdas de áreas como as que foram estudadas pelo presente trabalho, que são consideradas eficientes na produção de forragem, com uma capacidade de suporte potencialmente maior, além de possíveis grandes sumidouros de carbono, mas acabam sendo destinadas a outro setor devido a pressões de mercado.

### Referências Bibliográficas

Amaral, C. M. (2020). Atributos químicos do solo após três anos de aplicação de água residuária em *Urochloa decumbens*.

Assad, E. D., Pinto, H. S., Martins, S. C., Groppo, J. D., Salgado, P. R., Evangelista, B., & Martinelli, L. A. (2013). Changes in soil carbon stocks in Brazil due to land use: paired site comparisons and a regional pasture soil survey. *Biogeosciences*, 10(10), 6141-6160.

BARBIERI, R. S., MONTANARI, R., TEIXEIRA FILHO, M., PANOSSO, A. R., & LIMA, C. G. (2017). Variabilidade de atributos físicos e químicos para recuperação de um Argissolo Vermelho sob pastagem degradada no Cerrado. *Revista Espacios*, 38, 1-18.

Berndt, A. (2010). Impacto da pecuária de corte brasileira sobre os gases do efeito estufa. In *Embrapa Pecuária Sudeste-Artigo em anais de congresso (ALICE)*. In: Simpósio Internacional de produção de gado de corte, Anais... Viçosa, MG: UFV, 2010. p. 121-147.

Da Silva Malaquias, J. O., Xavier, S. A. B., Amélia, M., da Silva, B., Peixoto, P. M. C., Souza, M. N. & Torezani, R. Degradação ambiental pelo fator antrópico: uma breve análise da agropecuária, seus impactos ao meio ambiente e formas de mitigação. Tópicos em recuperação de áreas degradadas. Volume II, Mérida Publishers. 2021.

Da Silva Fernandes, M., & Finco, M. V. A. Sistemas de integração lavoura-pecuária e políticas de mudanças climáticas. *Pesquisa Agropecuária Tropical (Agricultural Research in the Tropics)*, 10-1590. 2014.

De Arruda, N. V. M., Abreu, J., do Amaral, J. L., de Oliveira, A. A., Coelho, F. P., dos Santos, C. E., ... & da Cruz, L. B. (2008). Produção de matéria seca de capim-braquiarião (*Brachiaria brizantha* cv. marandu) em lotação rotacionada nos períodos de seca e águas. *Biodiversidade*, 7(1).

Dias, F. R. T., Biscola, P. H. N., & Malafaia, G. C. (2020). Como deverá ser a comercialização na cadeia produtiva da carne bovina em 2040. *Embrapa Gado de Corte-Fôlder/Folheto/Cartilha (INFOTECA-E)*.

Do Vale Bezerra, J. D., Neto, J. V. E., da Silva Alves, D. J., Neta, I. E. B., Neto, L. C. G., da Silva Santos, R., & dos Santos Difante, G. (2020). Características produtivas, morfológicas e estruturais de cultivares de *Brachiaria brizantha* cultivadas em dois tipos de solo. *Research, Society and Development*, 9(7), e129972947-e129972947.

Eve, M. D., Sperow, M., Paustian, K., & Follett, R. F. (2002). National-scale estimation of changes in soil carbon stocks on agricultural lands. *Environmental Pollution*, 116(3), 431-438.

Fidalski, J., & Alves, S. J. (2015). Altura de pastejo de braquiária e carga animal limitada pelos atributos físicos do solo em sistema integração lavoura-pecuária com soja. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 39, 864-870.

Figueiredo, C. C. D., Santos, G. G., Pereira, S., Nascimento, J. L. D., & Alves Júnior, J. (2009). Propriedades físico-hídricas em Latossolo do Cerrado sob diferentes sistemas de manejo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 13, 146-151.

Gazolla, P. R., Guareschi, R. F., Perin, A., Pereira, M. G., & Rossi, C. Q. (2015). Frações da matéria orgânica do solo sob pastagem, sistema plantio direto e integração lavoura-pecuária. *Semina: Ciências Agrárias*, 36(2), 693-704.

Hentz, P., Carvalho, N. L., Luz, L. V., & Barcellos, A. L. (2014). Ciclagem de nitrogênio em sistemas de integração lavoura-pecuária. *Ciência e Natura*, 36(2), 663-676.

Hobbs, R. J., Higgs, E., & Harris, J. A. (2009). Novel ecosystems: implications for conservation and restoration. *Trends in ecology & evolution*, 24(11), 599-605.

King, E. G., & Hobbs, R. J. (2006). Identifying linkages among conceptual models of ecosystem degradation and restoration: towards an integrative framework. *Restoration Ecology*, 14(3), 369-378.

Lange, A., Dantas, J., da Silva Freddi, O., Buratto, W., Spaziani, C., & Caione, G. (2019). Degradação do solo e pecuária extensiva no norte de Mato Grosso. *Nativa*, 7(6), 642-648.

Landau, E. C., RESENDE, R., & MATOS NETO, F. D. C. (2020). Variação geográfica das áreas de pastagem no Brasil nas últimas décadas. *Embrapa Gado de Corte-Fôlder/Folheto/Cartilha (INFOTECA-E)*.

Malafaia, G. C., Biscola, P. H. N., & Dias, F. R. T. (2020). Tendência de aumento das exportações pressiona a produção da carne bovina brasileira. *Embrapa Gado de Corte-Fôlder/Folheto/Cartilha (INFOTECA-E)*.

Mateus, R. G., Barrios, S. C. L., Valle, C. B. D., Valério, J. R., Torres, F. Z. V., Martins, L. B., & Amaral, P. N. C. D. (2015). Parâmetros genéticos e seleção de híbridos de *Brachiaria decumbens* para caracteres agrônômicos e de resistência às cigarrinhas das pastagens. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 15(4), 227-234.

Nogueira, Maurício Palma. Menos de 1% da carne exportada à UE estaria "contaminada" por desmatamento. Disponível em: <http://www.rallydapecuaria.com.br/node/1662>. Acesso em: maio 2021.

Parsons, J. J. (1972). Spread of African pasture grasses to the American tropics. *Rangeland Ecology & Management/Journal of Range Management Archives*, 25(1), 12-17.

Penido, C. (2019). Caderno da Pecuária Sustentável. *AgroANALYSIS*, 39(11), 34-38.

Peron, A. J., & Evangelista, A. R. (2004). Degradação de pastagens em regiões de cerrado. *Ciência e Agrotecnologia*, 28, 655-661.

Rossi, C. Q., Pereira, M. G., Giacomo, S. G., Betta, M., & Polidoro, J. C. (2011). Frações húmicas da matéria orgânica do solo cultivado com soja sobre palhada de braquiária e sorgo. *Bragantia*, 70, 622-630.

Santos, D., Curi, N., Ferreira, M. M., Evangelista, A. R., da Cruz Filho, A. B., & Teixeira, W. G. (1998). Perdas de solo e produtividade de pastagens nativas melhoradas sob diferentes práticas de manejo. *Pesquisa agropecuária brasileira*, 33(2), 183-189.

SANTOS, Pablo Santana; FERREIRA, Laerte Guimarães; LENZI, Ítalo Luiz Corrêa. Caracterização biofísica das pastagens na bacia hidrográfica do rio vermelho (go), bioma cerrado, Brasil. **Boletim de Geografia**, v. 36, n. 3, p. 53-73, 2018.

Santos, F. C. D., Albuquerque Filho, M. R. D., Vilela, L., Ferreira, G. B., Carvalho, M. D. C. S., & Viana, J. H. M. (2014). Decomposição e liberação de macronutrientes da palhada de milho e braquiária, sob integração lavoura-pecuária no cerrado baiano.

Van Mechelen, C., Van Meerbeek, K., Dutoit, T., & Hermy, M. (2015). Functional diversity as a framework for novel ecosystem design: The example of extensive green roofs. *Landscape and Urban Planning*, 136, 165-173.

Veloso, G. A., Ferreira, M. E., Júnior, L. G. F., & da Silva, B. B. (2020). Modelling gross primary productivity in tropical savanna pasturelands for livestock intensification in Brazil. *Remote Sensing Applications: Society And Environment*, 17, 100288.

Teixeira, C. A. D., Júnior, J. R. V., & Costa, J. N. M. (2020). Pragas e doenças em pastagens na Amazônia. *Embrapa Rondônia-Capítulo em livro técnico (INFOTECA-E)*.

Teixeira, D. A. A., Freitas, P. V., de Oliveira Caetano, G. A., de Souza Nascimento, K., Bomfim, L. E. D. L. M., & de Souza França, A. F. (2021). DESEMPENHO ANIMAL EM PASTO DE BRACHIARIA SOB LOTAÇÃO INTERMITENTE. *Tecnia*, 6(1), 61-74.

Zdruli, P., Lal, R., Cherlet, M., & Kapur, S. (2017). New world atlas of desertification and issues of carbon sequestration, organic carbon stocks, nutrient depletion and implications for food security. In *Carbon management, technologies, and trends in mediterranean ecosystems* (pp. 13-25). Springer, Cham.

Zhongming, Z., Linong, L., Wangqiang, Z., & Wei, L. (2019). How Effective Is Land At Removing Carbon Pollution? The IPCC Weighs In.

#### 4. CAPÍTULO 3. SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS DE PASTAGENS SOB DISTINTOS PADRÕES DE MANEJO: UM ESTUDO DE CASO NO CERRADO BRASILEIRO

##### Resumo

Seguindo a crescente preocupação com a sustentabilidade em diversas cadeias produtivas, a pecuária de corte tem buscado enfrentar seus principais desafios: a mitigação de gases de efeito estufa em áreas de pastagem, associada a uma maior produção de carne, ocupando uma menor área. Associado aos desafios para a sustentabilidade cabe ressaltar os possíveis impactos positivos que a pecuária pode desempenhar por meio de serviços ecossistêmicos, uma vez que os sistemas de produção a pasto são percebidos como possivelmente grandes sumidouros de carbono devido à alta produtividade orgânica acima e abaixo dos solos. Assim, nosso objetivo é testar se existe relação entre preditores que indicam serviços ecossistêmicos (representado pela produtividade primária bruta com os níveis de tecnificação nas propriedades rurais que se localizam na Bacia Hidrográfica do Rio Vermelho (GO)). Para tanto foram pesquisadas 60 propriedades selecionadas de forma a garantir a representatividade das propriedades da bacia e indicar com elevada acurácia a diversidade na adoção de tecnologia pelas unidades produtivas na região. Essas propriedades foram pesquisadas por meio de questionários, observação de campo e utilização de imagens satelitárias. Com esta pesquisa foi possível identificar em uma escala local (de propriedade) os impactos da tecnificação sob diferentes condições topográficas e de solo. A integração das análises da GPP em consonância com as boas práticas de manejo se mostrou eficaz para análise do serviço de sequestro de carbono nas pastagens. Evidenciando a importância do investimento em aporte tecnológico na mitigação de carbono, tornando ativos ambientais uma nova commodity a ser incorporada à carne *in natura*. O que pode elevar o patamar da produção brasileira, aumentando a competitividade no mercado internacional, além de contribuir para a regulação climática, manutenção dos solos e poupando que novas áreas sejam abertas para este setor.

##### Abstract

The concern with sustainability has made the beef cattle sector face its main challenge: the mitigation of greenhouse gases in pasture areas, associated with greater meat production, occupying a smaller area. Associated with the challenges for sustainability, it is worth highlighting the possible positive impacts that livestock can play through ecosystem services, since pasture production systems are perceived as possibly large carbon sinks due to high organic productivity above and below the ground. Thus, our objective is to test whether there is a relationship between predictors that indicate ecosystem services (represented by the GPP) with the levels of technification in rural properties located in the Rio Vermelho River Basin (GO). For this purpose, 60 selected properties were researched in order to guarantee the representativeness of the basin's properties and to indicate with high accuracy the diversity in the adoption of technology by the productive units in the region. These properties were researched through questionnaires, field observation and the use of satellite images. With this research, it was possible to identify, at a local (property) scale, the impacts of technification under different topographic and soil conditions. The integration of GPP analyzes in line with good management practices proved to be effective for analyzing the carbon sequestration service in pastures. Evidencing the importance of investment in technological support in carbon

mitigation, turning environmental assets into a new commodity to be incorporated into fresh beef. This can raise the level of Brazilian production, increasing competitiveness in the international market, in addition to contributing to climate regulation, soil maintenance and saving new areas from being opened up for this sector.

## **Introdução**

Seguindo a crescente preocupação com a sustentabilidade em diversas cadeias produtivas, a pecuária de corte tem buscado enfrentar seus principais desafios: a mitigação de gases de efeito estufa em áreas de pastagem, associada a uma maior produção de carne, ocupando uma menor área (RUGGIERI & CARDOSO, 2017; DE FIGUEIREDO, 2017; DE SOUZA FILHO, 2019). Percebe-se que isso apenas será possível com a implantação de um novo paradigma da produção pecuária internacional com os pilares na tecnificação como estratégia para de reduzir a expansão pecuária em ecossistemas naturais e promover a manutenção da biodiversidade (ABADIAS, 2020).

Associado aos desafios para a sustentabilidade cabe ressaltar os possíveis impactos positivos que a pecuária pode desempenhar por meio de serviços ecossistêmicos. Quando processos ecológicos possuem características que direta ou indiretamente contribuem para o bem-estar humano, são considerados serviços ecossistêmicos (COSTANZA, 1997; COSTANZA, 2014). Para sua categorização e melhor entendimento um relatório internacional publicado pela Avaliação Ecossistêmica do Milênio dividiu estes serviços em suporte, regulação, provisão e cultura (M.E.A., 2015).

Recentemente o Ministério do Meio Ambiente adotou a classificação publicada pela União Europeia, em que categorizaram em provisão, regulação e cultural (MMA, 2020; MAES, 2020). A manutenção desses serviços implica em uma maior produtividade dos sistemas agropecuários e conservação da biodiversidade, devido à regulação de gases, estoque de matéria orgânica e ciclagem de nutrientes, que são primordiais para a manutenção dos solos e resiliência do sistema quanto a eventos estocásticos do clima (M.E.A., 2015; VIGNOLA, 2015; ASSAD, 2019). Por isso, tornar as atividades impactantes a estes serviços mais sustentáveis e provedoras de ganhos ambientais é ponto chave para um feedback positivo entre crescimento econômico e conservação ambiental (FELICIANO, 2018; LE, 2019; PAUL, 2022).

Os sistemas de produção a pasto são percebidos como possivelmente grandes sumidouros de carbono devido à alta produtividade orgânica acima e abaixo dos solos. Esta

produtividade só é possível devido ao alto desempenho das plantas forrageiras C4, que compreendem as gramíneas tropicais que possuem um processo de fixação do carbono mais eficiente, que em condições ótimas de pastoreio possuem enorme potencial de estoque e armazenamento de carbono na biomassa de forrageiras superficial e a subterrânea, representada pela sua massa densa de raízes (LIANG, 2021). Esse potencial torna-se mais significativo quando se considera a possibilidade de recuperação de áreas de pastos degradadas. Por exemplo, pesquisas no Brasil apontam que intensificar 95 milhões de hectares de pastagens corresponde a um potencial de 420 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> eq. a menos em emissões no Planeta (PENIDO, 2019).

Os investimentos em pastagem com alto estágio de degradação ou de baixa produtividade levanta a hipótese da possibilidade de a pecuária ocupar uma área menor de terra, reproduzindo processo já observado na agricultura. Segundo Burney et al. (2010) a intensificação da agricultura no Brasil ajudou a evitar emissões correspondentes a cerca de 160 giga toneladas de carbono (GtC) desde 1961, evitando a ocupação de terra que seria necessária se o rendimento tivesse permanecido nos níveis anteriores. Considerando especificamente a pecuária, estudo de Assad e Martins (2015) revelou que a adoção de tecnologias de baixa emissão de carbono implicam um potencial de reduzir 752,0 milhões de tCO<sub>2</sub>q./ano.

Deve-se ressaltar a importância desses estudos no suporte à formulação de políticas públicas, considerando que nos trópicos a intensificação é frequentemente estimulada pelas políticas governamentais (VAN VLIET et al., 2012) e também se tornou central na formulação de políticas voltadas para a Redução de Emissões do Desmatamento e Degradação Florestal (REDD +), uma estratégia de mitigação climática desenvolvida nos Estados Unidos e também no Brasil, detentor do maior rebanho mundial (LAPIG, 2019).

Os sistemas de produção de gado de corte são desenvolvidos em todos os 27 estados brasileiros e se mostram altamente diversificados como resultado de fatores históricos, sociais, econômicos e ambientais. Além disso, estima-se que mais de 70% das pastagens brasileiras encontra-se em contínuo processo de degradação, principalmente nas regiões de expansão agropecuária (DIAS-FILHO, 2014; LATAWIEC, 2019). Em contraposição às áreas degradadas os sistemas intensivos de produção de gado com base em pastagens no Brasil são caracterizados pela utilização de cultivares de gramíneas de alta produção e alta qualidade, fertilização de pastagens rotacionadas para aumentar a eficiência do pastejo e técnicas aprimoradas de melhoramento e nutrição animal (ROSA, 2012; ASSAD 2019). Atualmente alguns segmentos da pecuária do país estão se preocupando em acompanhar a tendência do mercado mundial e

dos acordos climáticos ao oferecer uma proteína neutra de emissões de gases de efeito estufa. Para tanto foram criadas várias iniciativas para mitigar os gases, principalmente aumentar os estoques de carbono neste setor, utilizado como um importante indicador de manejo sustentável das pastagens (DIAS-FILHO, 2001; FAO, 2018).

Entender o ciclo biogeoquímico do carbono em áreas antropizadas por pastagens representa uma importante contribuição para a mensuração de serviços ecossistêmicos, pois estas apresentam potencial de armazenamento de nutrientes, melhora da disponibilidade de água, aumento da capacidade de troca de cátions, aumento da biomassa microbiana e melhora da estrutura e porosidade do solo, deixando-o menos suscetível à erosão (BRADFORD et al., 2014, BIRGÉ, 2016). Para manter a multifuncionalidade ao longo do tempo é preciso manter o balanço de carbono positivo, isto é, os estoques de carbono devem ser maiores que as emissão de gases de efeito estufa pelo solo e as emissões de metano entérico pelos animais, o que se torna possível com uma alta produtividade primária e sequestro de carbono (DE SOUZA-FILHO, 2019).

Técnicas mais eficientes e que possuem melhores estimativas da dinâmica do carbono em áreas de pastagem são extremamente necessárias para o cenário atual das mitigações de gases de efeito estufa (RUST, 2018). A determinação do carbono por métodos tradicionais demanda tempo e altos custos, por isso é de grande importância a incorporação de metodologias que busquem a otimização da mensuração deste proxy de serviço ecossistêmico. Como exemplo de técnica para estimar a incorporação de carbono na pastagem destaca-se a produtividade primária bruta (GPP) estimada por diversos modelos, que obtém como resultado a fixação de carbono da atmosfera por meio da atividade biológica fotossintética (VELOSO, 2020).

A GPP estima o carbono extraído da atmosfera pelos diferentes ecossistemas terrestres e funciona como dado de entrada em modelos climáticos para definir o fluxo dinâmico do carbono em diferentes tipos de vegetação. A estimativa dessa variável biofísica em áreas de pastagem podem ser realizada utilizando dados de sensores orbitais, pois através do cômputo do balanço de radiação e os fluxos de energia é possível determinar a GPP em grandes áreas. Para isso, são necessários algoritmos que representem bem a realidade dos sistemas e consigam integrar dados satelitários e meteorológicos. Um novo método desenvolvido por Bastiaanssen e Ali (2003), a junção do modelo SEBAL (*Surface Energy Balance Algorithm for Land*) combinado ao modelo CASA (*Carnegie Ames Stanford Approach*) destaca-se pela sua confiabilidade e precisão na estimativa da GPP, sendo que já foi testado em diversas áreas de pastagens no Brasil (SILVA, 2013; VELOSO, 2020). Diferente dos produtos do MODIS 17A2

que apesar de terem disponíveis produtos da GPP para diversos ecossistemas terrestres, estes possuem resolução de 1 km e dados meteorológicos com menor precisão e sensibilidade da sazonalidade climática que o SEBAL (LI, 2012).

Essa nova vertente de métodos mais precisos para a estimativa da GPP desenvolvidos através do sensoriamento remoto foi possível com o advento de imagens com melhores resolução espacial e qualidade espectral, como as imagens disponibilizadas pelo satélite Landsat 8 sensores Oli/TIRS, bem como as estações meteorológicas espalhadas por todo o território brasileiro que possibilita uma melhor precisão dos dados climáticos locais. Com isso é possível numa escala local em nível de propriedades rurais, auxiliar na gestão e planejamento de áreas de pastagens no intuito de promover a sustentabilidade e a provisão de serviços ecossistêmicos.

Considerando que os proprietários de terras têm um papel central a desempenhar como tomadores de decisão que garantem a estratégia de gestão e a possibilidade da provisão de serviços ecossistêmicos, é importante que se tenha um panorama detalhado do manejo de pastagens destes gestores, do processo de ocupação da terra e principalmente das tecnologias utilizadas. Pois estas irão maximizar ou minimizar o ganho econômico em produção de forragem para suplementação a pasto, e conseqüentemente a diminuição da área fotossintetizante para obtenção de altos valores da produtividade primária, representada pela GPP (CABRAL, 2021). Assim, compreender a eficiência dos ganhos ambientais em pequenas/médias propriedades rurais, bem como com seu nível de tecnificação, representa um avanço na pecuária brasileira, por auxiliar no desenvolvimento de políticas públicas a fim de tornar este setor produtivo e sustentável. (SEVERO & MATTE, 2020).

O estado de Goiás com destaque no agronegócio brasileiro apresenta propriedades rurais de diversificados tipos de manejo pecuário, que atualmente ocupam o ranking de segundo maior rebanho do país com 125.407 estabelecimentos produtores (RADIOGRAFIA DO AGRO, 2020). A região noroeste goiana ocupa um cenário de destaque, com os maiores rebanhos do estado. A Bacia Hidrográfica do Rio Vermelho, está situada nesta região e tem a pecuária de corte como principal atividade econômica, distribuídas em propriedades com diferentes tamanhos, investimentos em gestão e tecnificação (SANTOS, 2018).

Relacionar as grandes diferenças de gestão no setor produtivo da pecuária no Brasil com a mensuração de serviços ecossistêmicos torna-se um desafio quando se leva em consideração a grande área ocupada por esta atividade. Assim, nosso objetivo é testar se existe relação entre preditores que indicam serviços ecossistêmicos (representado pela GPP) com os níveis de

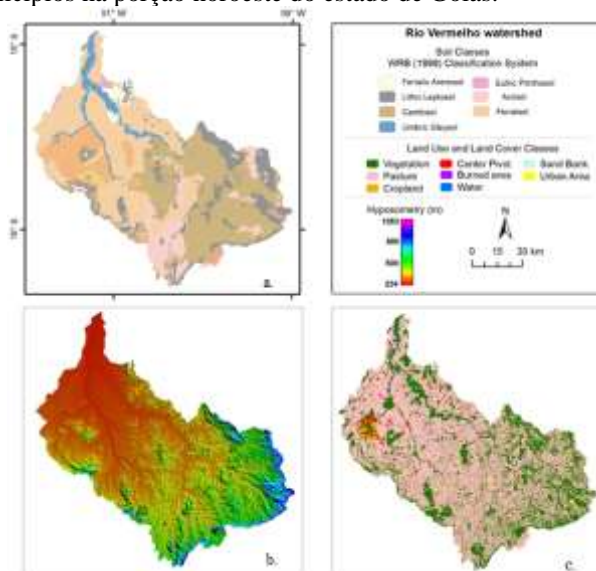
tecnificação nas propriedades rurais que se localizam na Bacia Hidrográfica do Rio Vermelho. Para tanto foram pesquisadas 60 propriedades selecionadas de forma a garantir a representatividade das propriedades da bacia e indicar com elevada acurácia a diversidade na adoção de tecnologia pelas unidades produtivas na região. Essas propriedades foram pesquisadas por meio de questionários, observação de campo e utilização de imagens satelitárias.

## Materiais e Métodos

### Caracterização do objeto

A Bacia Hidrográfica do Rio Vermelho é utilizada nesse estudo como um espaço privilegiado que representa a pecuária do estado de Goiás, especialmente pela preponderância da mesma como principal atividade econômica regional, bem como pela diversidade de situações apresentadas pela mesma: heterogeneidade em termos físicos (topografia), ambientais (presença de distintas fitofisionomias, como Cerrado, Cerradão, Campos e matas), econômicos (diferentes níveis de tecnológica relacionados com capacidades econômicas distintas) e sociais (grandes, pequenas e médias propriedades; agricultura familiar e empresarial) (Figura 1).

Figura 1. Mapa de uso e cobertura do solo da Bacia Hidrográfica do Rio Vermelho com a distribuição dos municípios na porção noroeste do estado de Goiás.



Essa heterogeneidade da região reflete a própria situação da pecuária no estado de Goiás, resultado de uma dinâmica que envolve tanto a atuação do Estado quanto a ação dos empreendedores individuais. Para aprimorar o processo produtivo agropecuário na região de

Cerrados desde a década de 1970 foram incorporados procedimentos tecnológicos disponíveis à época (SANTANA, 2020). Das distintas medidas se destacam: melhores condições de infraestrutura para o fornecimento de calcário, insumos agrícolas atrelados a política de créditos rurais, surgimento de uma empresa pública que agregou o conhecimento científico no desenvolvimento agrícola (VIEIRA, 2019).

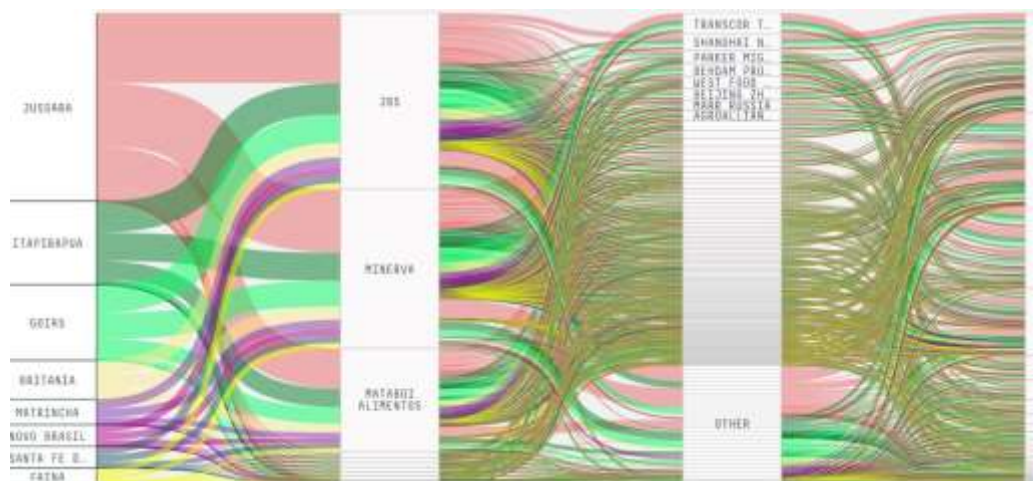
Os constantes incentivos para o crescimento econômico não foram em consonância com a preocupação ambiental e a ocupação das terras ocorreu sem planejamento, gerando consequências desastrosas para a preservação do segundo maior bioma brasileiro (ALENCAR, 2020). O que também acarretou prejuízos ao setor produtivo devido à degradação de muitas áreas de pastagem de manejo extensivo, aliado a falta de conhecimentos sobre a manutenção das forrageiras e sua relação com os demais fatores abióticos regionais (PEREIRA, 2018).

As principais características do clima na região da BHRV é a presença de altas temperaturas ao longo do ano, com médias mensais variando de 23 a 28 °C (com temperaturas mínimas e máximas de 20 e 32 °C, respectivamente). Há precipitações habituais e excepcionais, caracterizadas como intensas e localizadas, capazes de saturar os solos e provocar grande volume d'água nos rios, podendo ser irregular, ocorrendo dias com chuvas intensas, intercalados com períodos marcantes de estiagem entre junho e agosto (VIEIRA, 2014).

A heterogeneidade de solos que formam a bacia tem o predomínio de Latossolos Vermelho-Amarelo e Latossolos Vermelhos laterizados na porção noroeste (região da Formação Araguaia), Cambissolos e Latossolos Vermelho-Amarelos no centro-leste da bacia; Neossolos Litólicos nas áreas acidentadas das serras Dourada, Geral e São Francisco e Gleissolos ocorrem nas planícies de inundação do Rio Vermelho, Ribeirão Água Limpa e Ribeirão Samambaia. Este mosaico pedológico é um dos fatores que induz a respostas diferentes na produtividade pecuária que é a atividade predominante na região (SANTOS, 2018; VIEIRA, 2014).

As condições diversificadas da geomorfologia de solos, dos relevos ondulados a fortemente ondulados, com tipos de declividades bem definidas na porção baixa (0 a 8,0%), média (8,1 – 20%) e alta (20,1 – 45%) na faixa hipsométrica, são características determinantes para o crescimento da atividade e o modo de manejo em cada porção da bacia. Entender estas condições de solo, atrelado aos dados climáticos e a disponibilidade de água, bem como o comportamento sazonal das plantas forrageiras, pode interferir no ganho econômico dos variados tipos de propriedades (SANTOS, 2018; OLIVEIRA, 2018).





Fonte: TRASE, 2020.

A pegada de carbono em relação as emissões da atividade pecuária das propriedades da Bacia Hidrográfica do Rio Vermelho ficaram baixas quando comparado as regiões de grande concentração. *Commodities* produzidas em áreas com as maiores emissões relacionadas ao desmatamento podem ter pegadas de carbono muito mais altas do que aquelas de áreas com nível médio de emissões para o ano de 2017, como Nova Crixás (160 mil ton/CO<sub>2</sub>e) em Goiás, São Félix do Xingu (1,7 milhões ) e Altamira (1,1 milhões) ao Norte da Amazônia Legal, com uma alta apenas em Aruanã (58 mil ton/CO<sub>2</sub>e) com valores bem menores para os municípios de Jussara(18 mil ton/CO<sub>2</sub>e), Britania (7,6 mil ton/CO<sub>2</sub>e), Goiás(19 mil ton/CO<sub>2</sub>e), Santa Fé de Goiás(1,4 mil ton/CO<sub>2</sub>e), Matrinchã(5,6 mil ton/CO<sub>2</sub>e), Itapirapuã(6,8 mil ton/CO<sub>2</sub>e), Novo Brasil(1,2 mil ton/CO<sub>2</sub>e), Buriti(17 mil ton/CO<sub>2</sub>e) e Fazenda Nova(1,5 mil ton/CO<sub>2</sub>e). Para o mesmo ano em que foram avaliados estes índices, foram o país obteve 429 milhões ton/CO<sub>2</sub>e sendo emitidas pela atividade pecuária (SEEG, 2019).

### Coleta de dados socioeconômicos

Além dos fatores abióticos, que possuem influência sobre a assimilação de carbono e na produtividade das plantas forrageiras bem como nas variações estacionais do sequestro e emissão de carbono do solo, o manejo do pasto torna-se indispensável na determinação da quantidade de carbono assimilado e incorporado ao ecossistema (RUGGIERI et al., 2014).

A pecuária puramente exploratória e extensiva foi perdendo terreno para novos métodos que otimizam o crescimento, com isso houve uma migração dos locais de maior produtividade no Estado (VELOSO et al., 2020). A Bacia Hidrográfica do Rio Vermelho, que possui vários

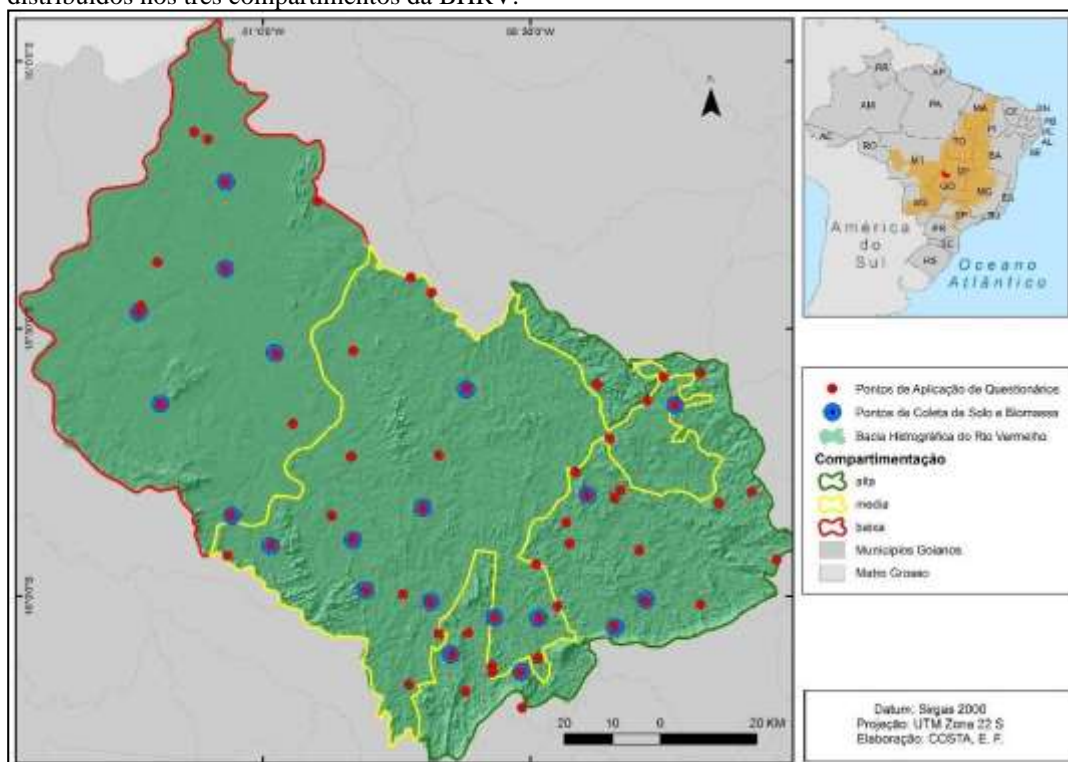
destaques no raking de produção estadual apresenta significativa heterogeneidade produtiva, sendo por isso considerada um mosaico único que representa a produção pecuária no Centro-Oeste brasileiro (VIEIRA, 2014).

A fim de buscar quais fatores biofísicos e socioeconômicos condicionam a produtividade da bovinocultura na Bacia do Rio Vermelho foi realizada uma amostragem qualitativa e quantitativa com a aplicação de questionários aos proprietários ou gerentes das fazendas amostradas (Apêndice1). Na fase de planejamento da pesquisa de campo foram selecionados aleatoriamente sessenta estabelecimentos agropecuários, unidade amostral dessa pesquisa, e aplicado o questionário com preenchimento pelos próprios aplicadores. O tamanho da amostra foi orientado pelos objetivos das pesquisas, limitações de tempo e disponibilidade de recursos financeiros para realização do levantamento e tratamento dos dados de campo.

Para seleção aleatória dos pontos de coleta de dados dentro de cada estrato foi considerada a variância da declividade por pixel (área) em cada compartimento da bacia. Os pontos de coleta foram determinados utilizando a proporção entre a quantidade de pixels (área), referentes à variância da declividade, em relação à área total da BHRV. Para a Alta bacia, com maior porcentagem de variância de declividade, em função das características de relevo ondulado a fortemente ondulado, foram gerados aleatoriamente 25 pontos. Para a Média bacia, com relevo variando de suave ondulado a ondulado, obteve-se 24 pontos. A Baixa bacia, por sua vez, com relevo plano a suave ondulado, foram selecionados 11 pontos, totalizando os 60 pontos (Figura 3).

Os aplicadores do questionário foram a campo com as coordenadas geográficas obtidas em conformidade com os critérios de amostragem aleatória estratificada. Em alguns casos não foi possível a aplicação do questionário de acordo com as coordenadas de origem, sendo incluído o estabelecimento agropecuário mais próximo da unidade inicialmente definida. Todos os questionários foram aplicados em julho de 2016, com base nos dados do último ciclo de produção da propriedade, ou seja, ano de 2015.

Figura 3. Distribuição dos pontos coletados pelos questionários e nas coletas de solo e biomassa distribuídos nos três compartimentos da BHRV.



As 16 características escolhidas para representar a variabilidade dos índices de tecnificação na propriedade foram definidos em conformidade com a pesquisa elaborada por Oliveira (2018) (Tabela 1):

Tabela 1. Parâmetros coletados in loco utilizados para a elaboração das variações de tecnificação nas propriedades rurais localizadas na Bacia Hidrográfica do Rio Vermelho.

#### Suplementação:

- |                                                 |                                                                                                                                                                                                       |
|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>1. Suplementação na seca:</b>                | 4 níveis=0 não suplementa com mistura/proteinado; 1 = baixo consumo até ½ kg cabeça/dia; 2=médio consumo de 1/2 kg a 1 kg e ½ cabeça/dia ; 3=alto consumo acima de 1 kg e ½ cabeça/dia. (categórica), |
| <b>2. Pasto com sal mineral e ureia (seca):</b> | 1= sim; 0 = não (categórica).                                                                                                                                                                         |
| <b>3. Pasto+sal mineral (ano todo):</b>         | 1= sim; 0 = não (categórica).                                                                                                                                                                         |
| <b>4. Suplementação nas águas:</b>              | 1 = sim; 0 = não (categórica)                                                                                                                                                                         |

<b>Pastagem:</b>	
<b>5. Uso de fertilizante:</b>	1 = sim; 0= não (categórica)
<b>6. Uso de calcário:</b>	1 = sim; 0= não (categórica)
<b>7. Uso de herbicida:</b>	1 = sim; 0= não (categórica)
<b>Máquinas e equipamentos:</b>	
<b>8. Uso de trator:</b>	1 = sim; 0 = não (categórica)
<b>9. Potência do Motor em Cv:</b>	níveis: 0 = não tem potência porque não tem trator; 1 = Potência até 100 Cv; 2 = acima de 100 Cv (categórica)
<b>10. Uso de implemento:</b>	1 = sim; 0 = não (categórica)
<b>Manejo:</b>	
<b>11. Planejamento de estação de monta:</b>	1 = sim; 0 = não (categórica)
<b>12. Utiliza assistência técnica:</b>	1= sim; 0 = não (categórica)
<b>13. Análise solo:</b>	1= sim; 0 = não (categórica)
<b>14. Análise planta:</b>	1= sim; 0 = não (categórica)
<b>15. Taxa de lotação</b>	(quantitativa contínua)
<b>16. Sistema de Produção:</b>	níveis: 1 = com rotação de pasto; 2 = extensivo

O questionário, instrumento de coleta de dados de campo, foi planejado considerando as orientações de literatura (LAKATOS & MARCONI, 2001; ANA 2018) e estruturado em três dimensões básicas: 1) Perfil socioeconômico do gestor do estabelecimento agropecuário; 2) caracterização do sistema produtivo; e 3) caracterização de manejo de pasto e condições ambientais. Sua estrutura foi aprimorada por meio de discussão com cinco profissionais da área e testado mediante aplicação em seis estabelecimentos agropecuários com diferentes níveis de tecnificação e estrutura fundiária com manejos diferenciados para a produção de gado de corte e leite. A validação com seis estabelecimentos foi julgada como satisfatória, pois, nas duas últimas aplicações, não houve nenhuma alteração no instrumento de coleta.

## **Processamento Digital de Imagens para indicadores biofísicos**

A conversão de massa de forragem em proteína animal é o modo mais sustentável e econômico da produtividade pecuária no mundo, o que só é possível devido a principal características das plantas forrageiras em converter luz solar (DE SÁ SOUZA, 2018). Este processo de assimilação de energia que mantém todas as funções ecossistêmicas existentes é chamado de produtividade primária, para cada grama de carbono assimilado uma planta transforma 39 kilojoules de energia solar em energia química nos carboidratos, formando assim os tecidos das plantas (RICKLEFS, 2003).

A produtividade primária bruta das plantas é a energia total assimilada pela fotossíntese para a produção de biomassa e respiração. E esta pode ser medida pela quantidade em gramas de carbono assimilado neste processo, o que representa a sua capacidade de sequestrar o carbono atmosférico (CÂNDIDO, 2018). O que poderá variar com os níveis de temperatura e precipitação. As forrageiras encontradas em sistemas de pastagem, com metabolismo do tipo C4 apresentam o mecanismo bioquímico utilizado para a fixação do carbono, com quatro átomos de carbono no primeiro produto de fixação de carbono nas plantas (PINTO SIMÕES, 2019). Além disso, são altamente eficientes em altos níveis de luminosidade, pois essa melhor utilização da radiação é devido a maior eficiência em captar e armazenar o carbono proveniente do CO<sub>2</sub>. Entender o saldo de radiação e os metabolismos fotossintéticos dessas forrageiras é fundamental para estratégias de manejo das pastagens (VELOSO, 2020; LEITE, 2020).

Para a análise da produtividade em períodos variados e em grandes escalas espaciais, por exemplo na sazonalidade da produtividade primária bruta em áreas de pastagem que ocupam vários municípios, são necessárias técnicas robustas de alta tecnologia.

O sensoriamento remoto é uma ciência que permite a aquisição de dados de forma rápida e de baixo custo pois permite a coleta de dados de uma determinada região da superfície terrestre de forma aérea, isto é, sem contato direto com ele. A evolução dos sensores orbitais permitiu uma maior acurácia no monitoramento e uma análise dinâmica do processo de fixação do carbono por parte da vegetação. Para tanto uma significativa contribuição foi o emprego do conceito de fração evaporativa incorporando o fator água neste processo (BASTIAANSEN & ALI 2003). Partindo dessa premissa o algorítmico CASA/SEBAL que converte a radiação emitida espectralmente refletida nos indicadores de balanço de energia foi utilizado por considerar a variabilidade espacial de elementos micrometeorológicos ao longo da superfície.

O saldo de radiação é obtido pela contabilização das entradas menos as saídas de radiação na superfície terrestre, sendo importante entender a variação da superfície em absorver a radiação, pois apenas parte desta que chega à superfície é aproveitada nos processos de aquecimento e resfriamento do solo e do ar, da evapotranspiração das plantas, na fotossíntese. Assim, entender o balanço de entradas e saídas é de extrema relevância para se entender o saldo de radiação no sistema. No SEBAL a evapotranspiração é obtida como resíduo da equação clássica do balanço de energia da superfície:

$$LE = R_n - H - G$$

Onde o  $R_n$  é o saldo de radiação,  $LE$  é a densidade de fluxo de calor latente,  $H$  é a densidade de fluxo de calor sensível e  $G$  a densidade de fluxo de calor no solo, todos expressos em  $W.m^2$ .

A estimativa da GPP em  $g C m^{-2} dia^{-1}$  foi dada a partir da equação da proporção, denominada eficiência do uso da luz (LUE), sendo usada para converter a estimativa baseada em sensoriamento remoto da absorção de luz em produtividade primária bruta (GPP) (ZHANG, 2017):

$$GPP = APAR \cdot \epsilon' \cdot T_1 \cdot T_2 \cdot FE$$

Onde  $\epsilon'$  é uma medida para explicar vários fatores de estresse e representa eficiência de conversão da radiação fotossinteticamente ativa ou comumente denominada de uso da luz, sendo considerado nesta pesquisa com valor igual a  $0,5 g C MJ^{-1}$ , conforme Veloso (2018). O APAR é considerado como a faixa espectral de radiação solar disponível para a planta para fotossíntese. Os índices  $T_1 \cdot T_2$  representam os valores de temperaturas diárias coletadas em bases meteorológicas locais e a FE (fração evaporativa) é a divisão do fluxo de calor latente pelo saldo de radiação, menos o fluxo de calor no solo.

Os valores da evapotranspiração real diária –  $ET_c$  ( $mm dia^{-1}$ ) foram obtidos a partir de extrapolação do valor instantâneo do  $LE$  (fluxo de calor latente) aplicando a seguinte equação:

$$ET_h = 3600 \frac{LE}{n}$$

Onde LE é a densidade de fluxo de calor latente e o índice  $n$  representa o calor latente de vaporização da água, que pode ser definido como a energia necessária (em joules) para a evaporar uma massa unitária de água (VELOSO, 2018).

### Processamento dos Dados

Para a construção do algoritmo SEBAL foram utilizadas imagens provenientes do satélite LANDSAT 8 nos anos de 2015, 2016 e 2017, pois as coletas dos dados socioeconômicos foram realizadas em 2016, mas referente ao ano de 2015 e os dois anos consecutivos foram analisados para se ter a viabilidade dos efeitos pós manejo das pastagens. Essas imagens foram obtidas pelos Sensores OLI que consiste em nove bandas multiespectrais com resolução espacial de 30 m (bandas 1 a 7 e 9), uma banda pancromática com resolução espacial de 15 m (banda 8) e duas bandas térmicas com resolução espacial de 100 m (bandas 10 e 11) (USGS, 2016). Foram selecionadas imagens das estações de seca e chuva para maior representatividade anual, ambos sem a presença de nebulosidade (Tabela 2).

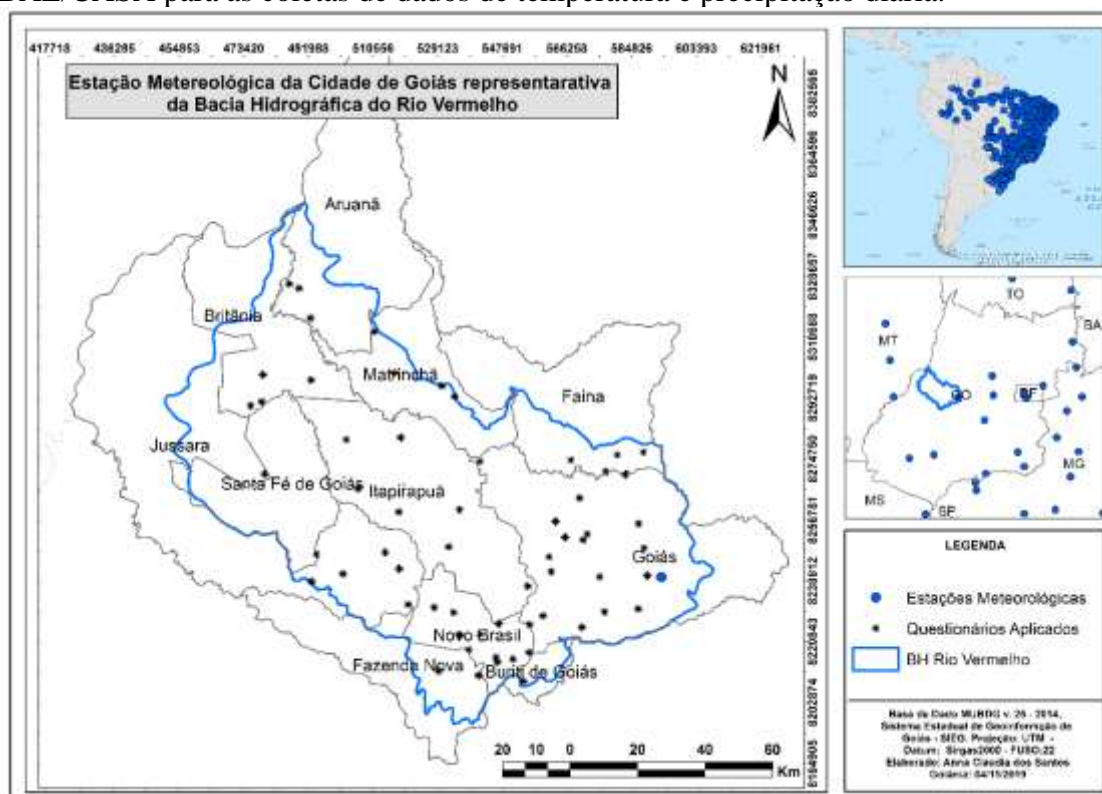
Tabela 2. Datas da passagem do satélite e datas da coleta das amostras de pastagem.

Ano	Data de coleta	Data de Passagem do Satélite	Ano	Data de coleta	Data de Passagem do Satélite
2014	02/out	02/out	2016	24/mai	22/mai
2014	09/nov	03/nov	2016	04/jul	03/jul
2014	14/dez	21/dez	2016	05/ago	04/ago
2015	23/jan	22/jan	2016	05/set	05/set
2015	16/fev	07/fev	2016	19/out	07/out
2015	15/mar	11/mar	2016	09/nov	08/nov
2015	12/abr	12/abr	2017	20/fev	06/fev
2015	31/mai	30/mai	2017	21/mar	05/mar
2015	21/jun	15/jun	2017	05/mai	03/mai
2015	27/jul	17/jul	2017	22/jun	20/jun
2015	14/ago	11/ago	2017	10/jul	06/jul
2015	06/set	03/set	2017	08/ago	07/ago
2016	14/fev	10/fev	2017	09/set	08/set
2016	30/mar	29/mar	2017	11/out	10/out
2016	22/abr	14/abr	2017	28/nov	04/nov

Fonte: Autor (2020).

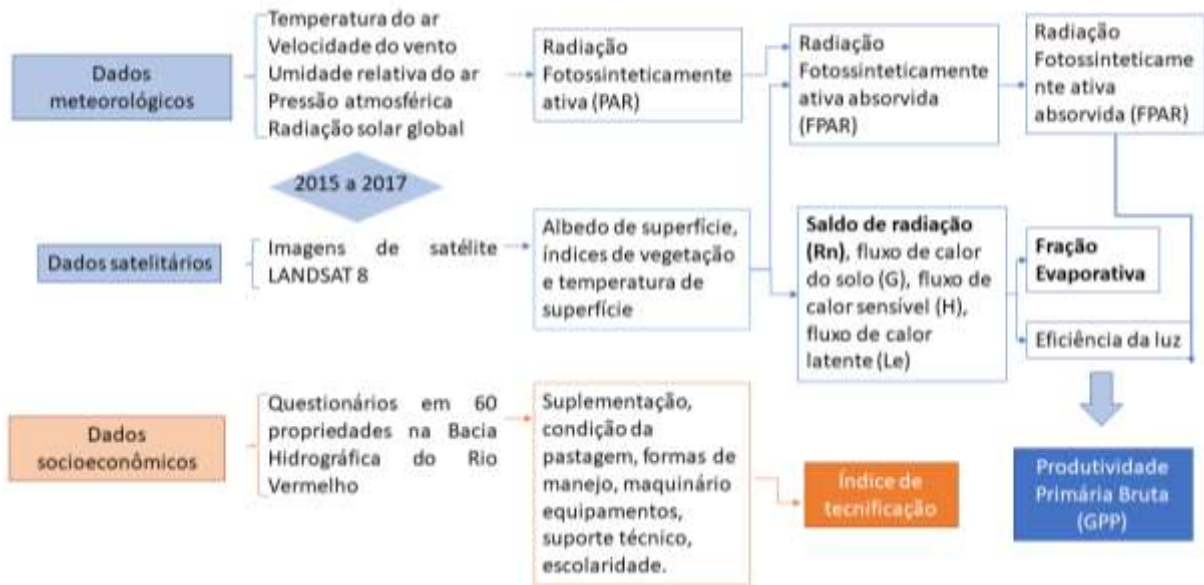
Para obter as variáveis biofísicas para o cálculo da evapotranspiração foram empregados dados de superfície de estação meteorológica, como velocidade do vento, umidade relativa do ar, temperatura do ar, pressão atmosférica e radiação solar global ( $Kj/m^2$ ) no mesmo mês da passagem do satélite. Para a calibração dos mesmos foram realizadas coletas de dados adquiridos do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), referente ao Sistema Meteorológico Automático, da estação automática de Goiás - GO (A014) localizada na BHRV, mais especificamente na cidade de Goiás (Figura 4.).

Figura 4. Mapa de localização da estação meteorológica utilizada no algoritmo SEBAL/CASA para as coletas de dados de temperatura e precipitação diária.



Para uma melhor compreensão entre a relação das variáveis biofísicas representativas dos serviços ecossistêmicos e as variáveis que levaram a elaboração de um índice de tecnificação foi elaborado um fluxograma. Este nos mostra um resumo dos parâmetros utilizados segundo o modelo CASA/SEBAL, testado e validado por Veloso et al., (2020) também na área da Bacia Hidrográfica do Rio Vermelho e o índice de tecnificação segundo metodologia de Oliveira et al., (2018). Procuramos utilizar este método para estudar a relação entre serviços ecossistêmicos e tecnificação na pecuária (Figura 5).

Figura 5. Fluxograma do conjunto de variáveis utilizadas a determinação do índice de tecnificação e da produtividade primária bruta para o período de (2015 a 2017) para as propriedades de atividade pecuária avaliadas.



### Análises estatísticas

A fim de se obter um agrupamento das observações, isto é, das propriedades que compartilham características comuns dentro das abordagens econômicas e de manejo que representam o índice de tecnificação, foi realizada uma análise de agrupamento de informações, que é um procedimento hierárquico para formar os grupos utilizando uma medida de similaridade, baseados na distância euclidiana.

Uma análise de regressão linear foi utilizada para testar a relação entre as variáveis contínuas biofísicas GPP (Dada em  $g/m^2$  com a variação de 0 a 4,0), saldo de radiação (variando entre X a X) e a evapotranspiração (X a X), com o índice de tecnificação, que também é uma variável contínua (0 a 1). Para isso, foi realizado um tratamento a fim de se obter uma padronização dos dados, já que estes possuem unidades de medidas e grandezas diferentes. Para isso foi subtraído do valor da variável (conjunto de dados) a sua média e foi dividido o resultado pelo desvio padrão do conjunto, usando a fórmula *z-score*:

$$z = \frac{x - \mu}{\sigma}$$

Foram aplicados modelos lineares generalizados para avaliar qual conjunto de variáveis explicará melhor as influências no sequestro de carbono, expresso pela GPP. Estes que são extensões das regressões lineares simples e múltipla, explicam uma relação de causa/efeito

linearmente. E por meio desta é possível entender as causas das variações de um fenômeno, examinando além das relações lineares, para avaliar a influência da biomassa, albedo juntamente com o índice de tecnificação na GPP.

Para avaliar qual o melhor modelo a ser adotado foi utilizado o critério de Akaike, que é a mensuração de poder explicativo de um modelo estatístico, ao se comparar muitos modelos para um dado fenômeno, muito utilizado em análises de regressão não-linear (GOTELLI, 2016). O melhor modelo adotado será aquele que obtiver os menores valores de AIC. Os critérios propostos para a seleção dos modelos são de extrema relevância na análise de regressão, pois penalizam modelos com número excessivos de parâmetros, selecionando modelos mais parcimoniosos. Assim temos o Critério de Informação de Akaike (AIC) segundo AKAIKE (1974) que é definido como:

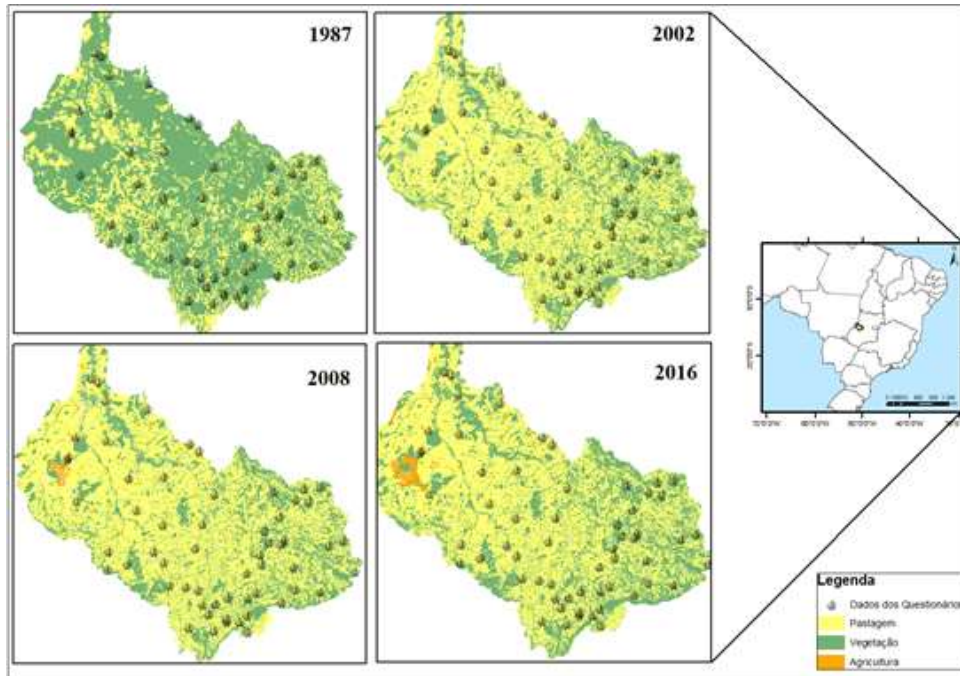
$$AIC = -2 \ln L + 2(p + 1)$$

em que  $L$  é a função de verossimilhança das curvas de crescimento apresentadas,  $n$  o tamanho da amostra e  $p$  é o número de parâmetros livres. Os menores valores para AIC indicam um melhor ajuste (WOLFINGER, 1993).

## **Resultados e Discussão**

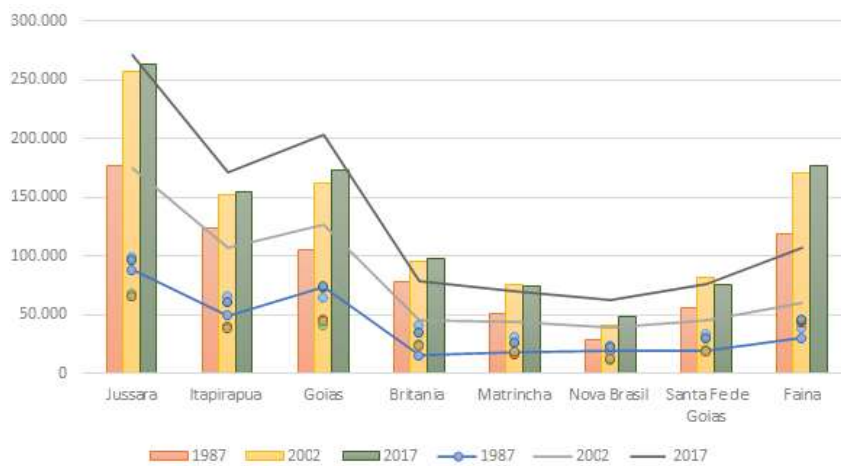
A evolução das áreas de pastagens na Bacia Hidrográfica do Rio Vermelho ocorreu em consonância com o que está ocorrendo em muitas localidades no Brasil: uma diminuição da ocupação por este tipo de uso devido uma pressão de uso das atividades agrícolas (LANDAU, 2020). No ano de 1987 a área de pastagem era de 623.082 hectares. Até 2002 a pecuária avançou sobre áreas de remanescente chegando a 693.000 hectares, o que se intensificou em 2008 (710.389 hectares). A partir de 2012 houve um decréscimo com a pressão de outros tipos de produção na área, principalmente as entradas das atividades agrícolas mecanizadas. Assim em 2016, o ano em que foram feitas as amostragens do presente trabalho, a ocupação de pastagens na bacia era de 678.624 hectares, aproximadamente 60% da de sua área total (Figura 6, Figura 7).

Figura 6. Área de evolução das pastagens na Bacia Hidrográfica do Rio Vermelho para os anos de 1987, 2002, 2008 e 2016



Fonte: Elaborado pelo autor.

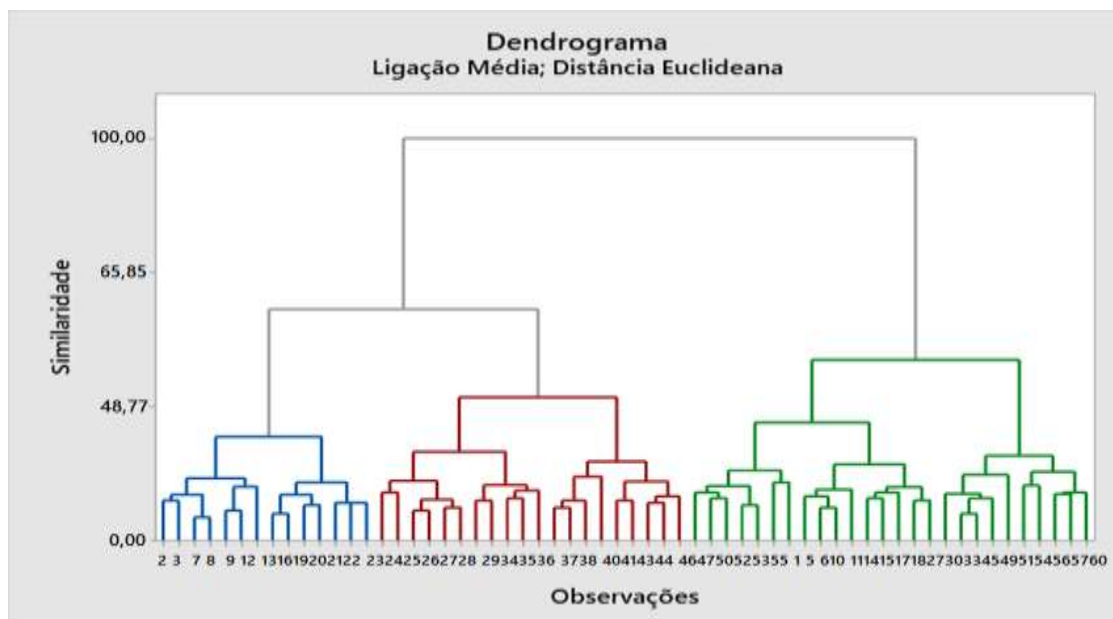
Figura 7. As colunas representam a área de pastagem do município e as linhas a quantidade de rebanho bovino (cabeças) para os anos de 1985, 2000 e 2017.



Fonte: Elaborado pelo autor.

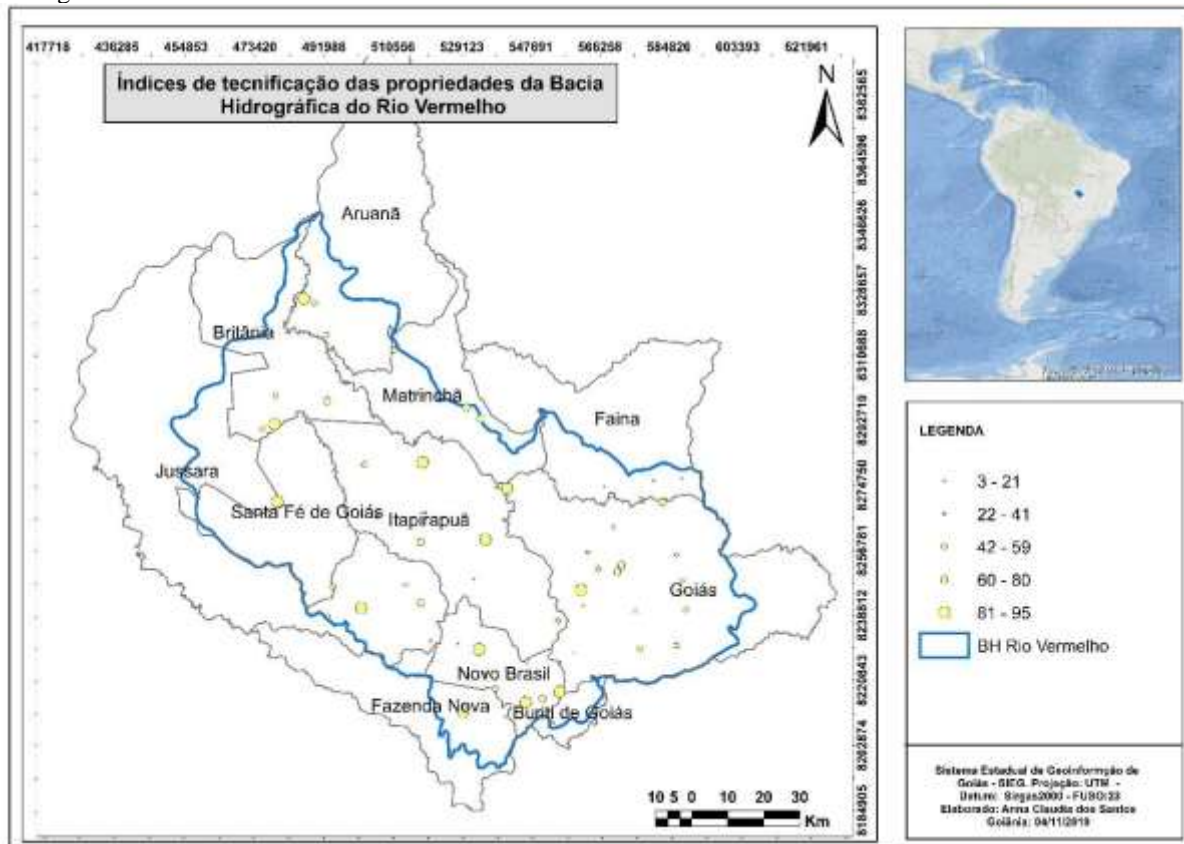
A partir dos dados obtidos por meio da aplicação dos questionários foi possível identificar o agrupamento das propriedades em relação à similaridade dos indicadores de tecnificação (Figura 8). No primeiro grupo em azul temos as propriedades que possuem um baixo incremento de investimentos tecnológicos e no manejo da terra (N = 14), o grupo em vermelho representa as propriedades que tiveram uma maior similaridade em adotar práticas de suplementação animal, uso de proteinado e estação de monta (N = 20). As propriedades que apresentam boas práticas de manejo foram representadas pelo grupo (N =26) em verde no dendrograma, em que todas foram adeptas ao uso de insumos para melhorias na forragem, assistência técnica especializada, bem como a suplementação mesmo nos períodos das chuvas e um manejo rotacionado, que se distingue dos demais grupos. A distribuição espacial desses dados pode ser observada na figura 9.

Figura 8. Dendrograma que demonstra a análise de similaridade realizada para as características compartilhadas entre as propriedades. Em azul o grupo 1, em vermelho o grupo 2 e verde o grupo 3.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 9. Mapa da distribuição dos índices de tecnificação das propriedades distribuídas ao longo da Bacia Hidrográfica do Rio Vermelho.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A pecuária extensiva é predominante nas propriedades avaliadas, dependente basicamente das pastagens como forma de nutrição animal. A pecuária brasileira muitas vezes apresenta uma certa especialização produtiva, em função do longo período na produção de animais para abate. Assim, o produtor pode se especializar, ou não, nas fases de cria, recria e engorda (MALAFAIA, 2019). A fase da chamada cria está presente em 95% das propriedades, com apenas 13 propriedades fazem o ciclo com completo (cria, recria e engorda). Dentre estas últimas, nove estão entre as propriedades com alta tecnificação, distribuídas em diferentes porções da Bacia Hidrográfica, mas com técnicas de manejo e suplementação semelhantes. Além disso, um importante destaque é que este grupo foi o que mais utilizou créditos rurais e possui uma maior renda e escolaridade (Tabela 3).

Tabela 3. Distribuição dos agrupamentos em que as propriedades se encontram pelas variáveis que foram consideradas primordiais para tecnificação.

Variável	Agrupado1	Agrupado2	Centroide	
			Agrupado3	global
pasto	0,12	0,1875	0,2105	0,166
+sal mineral				7
pasto	0,04	0,0000	0,0000	0,016
+sal				7
mineral+ureia				
pasto	1,16	1,1053	1,4375	1,216
+mistura				7
múltipla ou				
proteinado				
suple	0,60	0,6250	0,7368	0,650
menta o gado				0
nas águas				
usa	0,36	0,1875	0,3684	0,316
calcário				7
usa	0,40	0,3125	0,3158	0,350
fertilizantes				0
usa	0,60	0,5750	0,6289	0,600
herbicida				0
Usa	0,84	0,6875	0,8947	0,816
trator				7
Potên	0,89	0,7500	0,9147	0,866
cia do Trator				7
100CV				
Usa	0,64	0,5000	0,8421	0,666
implementos				7
trabal	0,20	0,1875	0,0526	0,150
ha com estação				0
de monta				
Assist	0,52	0,5000	0,5663	0,533
ência Técnica				3
Análi	0,26	0,1875	0,3632	0,283
se Solo				3
Análi	0,00	0,0000	0,8000	0,033
se Planta				3

Taxa	1,26	1,3125	1,5632	1,400
lotação				0
Siste	1,44	1,5000	1,6316	1,516
ma de				7
produção				
Educa	1,40	1,2500	1,5263	1,400
ção				0
renda	2,32	2,3750	2,9632	2,316
familiar				7
Uso	0,20	0,3125	0,7105	0,316
de Crédito				7
Rural				

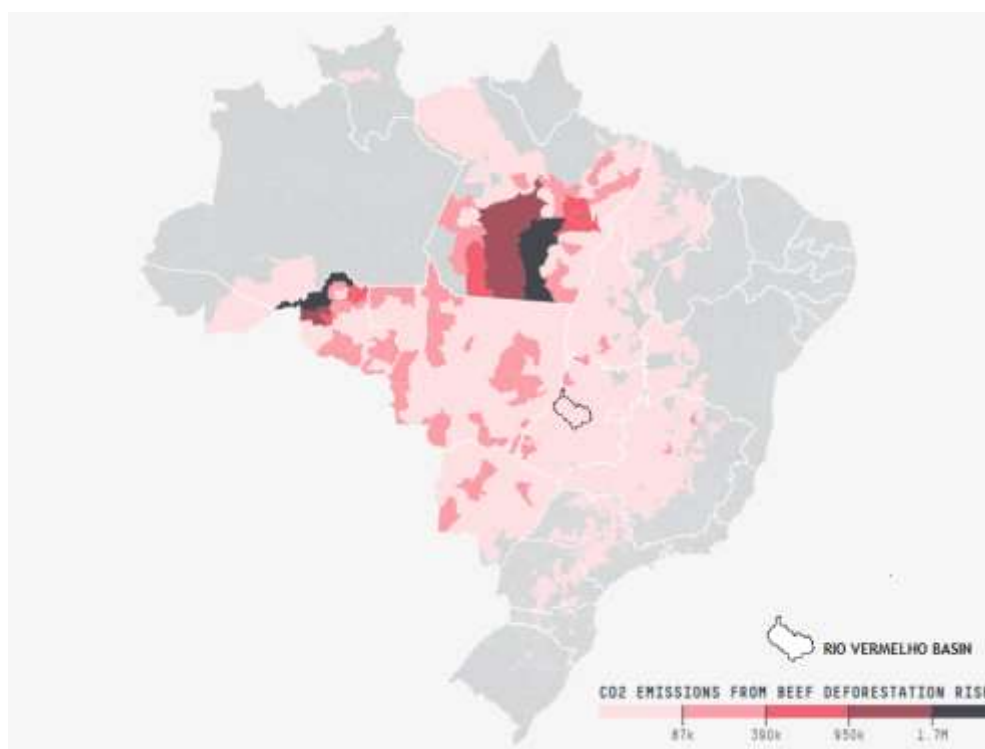
Fonte: Elaborado pelo autor.

Em relação a fase final do ciclo pecuário, as propriedades que apresentam o período de engorda foram representadas por apenas (N = 16) de toda amostragem. Estas apresentaram a terminação a pasto como fase final da atividade pecuária, sendo que nenhuma delas possuíam a prática de confinamento. Apesar disso, grande parte possui características mais complexas e subsídios necessários para este ciclo, exigindo grandes investimentos na propriedade. Pode-se dizer que estas propriedades são representativas da alta produção de proteína animal aliada a tecnologia.

Segundo Assad et al. (2016) ao se considerar um piquete de pastagem com uma taxa de lotação de 1 UA/ha em um sistema degradado, o animal pode emitir 1,800 kg de CO<sub>2</sub> equivalente, entretanto em um sistema com ótimo manejo e disponibilidade de forragem, este é capaz de sequestrar por meio da absorção das plantas, 3.600 kg de CO<sub>2</sub> e/ha/ano. Assim em ambientes com uma pegada positiva de carbono teremos 1.800 kg de CO<sub>2</sub>/eq estocados. Para as propriedades estudadas a avaliação das pastagens foi um ponto primordial que entrou na balança de carbono no sistema. As dez fazendas com índices maiores de tecnificação e ótimas avaliações de pastos, apresentaram poucas invasoras, baixo números de cupins e alta disponibilidade de forragem. O que é observado de forma diferente em propriedades de baixa tecnificação: uma qualidade inferior das pastagens, com pouca oferta de forragem com áreas de solo exposto, processos erosivos e um número bem maior de espécies de plantas arbustivas que não fazem parte do sistema e não são de boa qualidade para alimentação animal. Assim, entender o sistema pastagem e a resposta da gramínea no sequestro de carbono é primordial para entendermos se propriedades com maior tecnificação são também provedoras de serviços

ecossistêmicos. Nesse sentido, de acordo com estimativas da Trase (*Transparency for Sustainable Economies*) plataforma que associa os riscos de desmatamento as cadeias de commodities desenvolvida pela Global Canopy e pelo Stockholm Environment Institute (SEI), as exportações de 2,1 milhões de toneladas de carne bovina do Brasil em 2017 foram associadas a 113.000 hectares de risco de desmatamento de gado, que por sua vez foram associadas a 37,1 milhões de toneladas de emissões de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Entretanto, a região da Bacia do Rio Vermelho está entre as menos concentrações de emissões ligadas ao desmatamento, evidenciando a grande oportunidade de ganho de mercado externo (Figura 10).

Figura 10. Risco de emissões de CO<sub>2</sub> pelo desmatamento ocasionada para produção de carne bovina (toneladas), com ênfase na bacia do rio vermelho para o ano de 2017.



Fonte: TRASE, 2020.

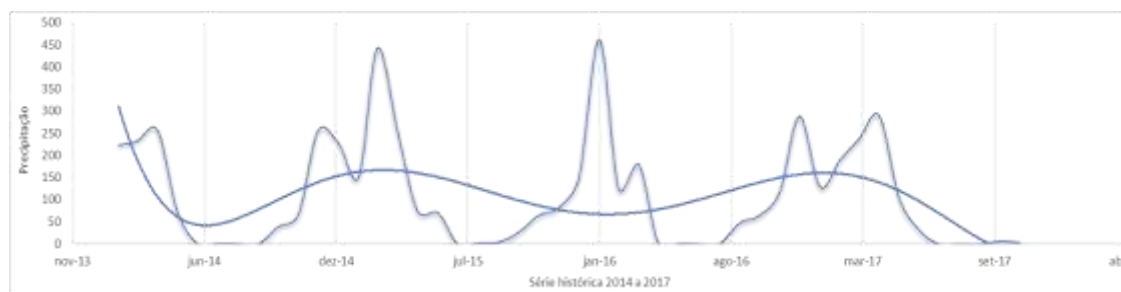
A GPP se mostrou eficiente para mensurar o importante serviço de sequestro de carbono a partir das plantas forrageiras nas propriedades avaliadas. Os valores encontrados na Bacia para o ano de 2016 foram superiores aos demais anos avaliados, com médias de 3,68 gC/m<sup>2</sup>/dia nos períodos de chuva e 0,57 gC/m<sup>2</sup>/dia na seca, o que se manteve no ano seguinte, com pequenas variações. Em 2015 as médias foram inferiores, principalmente durante os períodos de estiagem, com mínimas de 0,22 e máxima de 3,05 gC/m<sup>2</sup>/dia. Lembrando que investimentos aplicados nas propriedades identificados via questionário ocorreram no ano de 2015, o que

poderia refletir melhorias em 2016 e 2017. Segundo Veloso *et al.*, (2018) em estudo na mesma Bacia Hidrográfica, mas em propriedades diferentes das amostradas no presente estudo, para o ano de 2014 apresentaram valores de 0,80 gC/m<sup>2</sup>/dia para o mês de agosto. Em relação ao potencial de sequestro de Carbono encontramos uma diferença não significativa em relação ao trabalho de Veloso (2018) com um resultado de 0,42 MgC ha<sup>1</sup>ano<sup>1</sup>, enquanto Veloso encontrou para toda a bacia um potencial de 0,48 MgC ha<sup>1</sup>ano<sup>1</sup>. Ambos utilizaram métodos de uma melhor acurácia, com a utilização de dados climáticos locais.

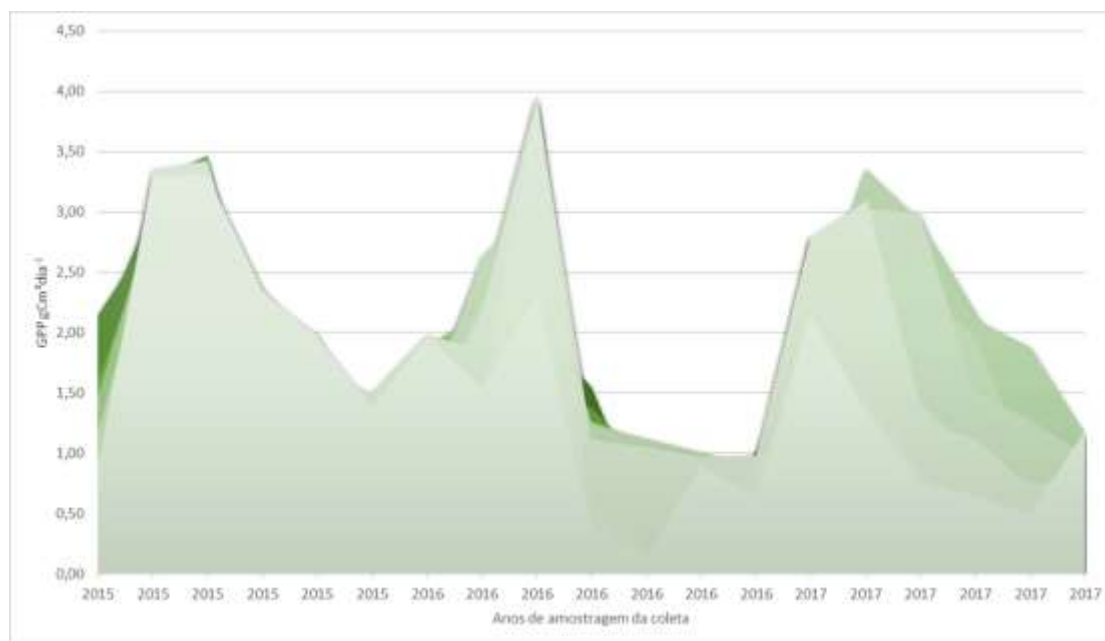
Os dados de sensoriamento remoto forneceram uma fotografia do vigor vegetativo e da área foliar das gramíneas com o auxílio de dados climatológicos diários e o conhecimento de como estes influenciaram no aumento da produtividade. Por isso é de extrema importância a avaliação da disponibilidade de água e temperatura ideal para a produção da planta. Observou-se que os valores de GPP são altamente correlacionados com a influência da sazonalidade climática, principalmente os índices pluviométricos e sua produtividade poderá ser alterada pelas dependências das características biofísicas da planta (Figura 11).

Figura 11. Distribuição da precipitação pluviométrica mensal para a área estudada (a) e as variações das médias de GPP mensais para os diferentes anos analisados (b).

**a.**



b.



Fonte: Elaborado pelo autor.

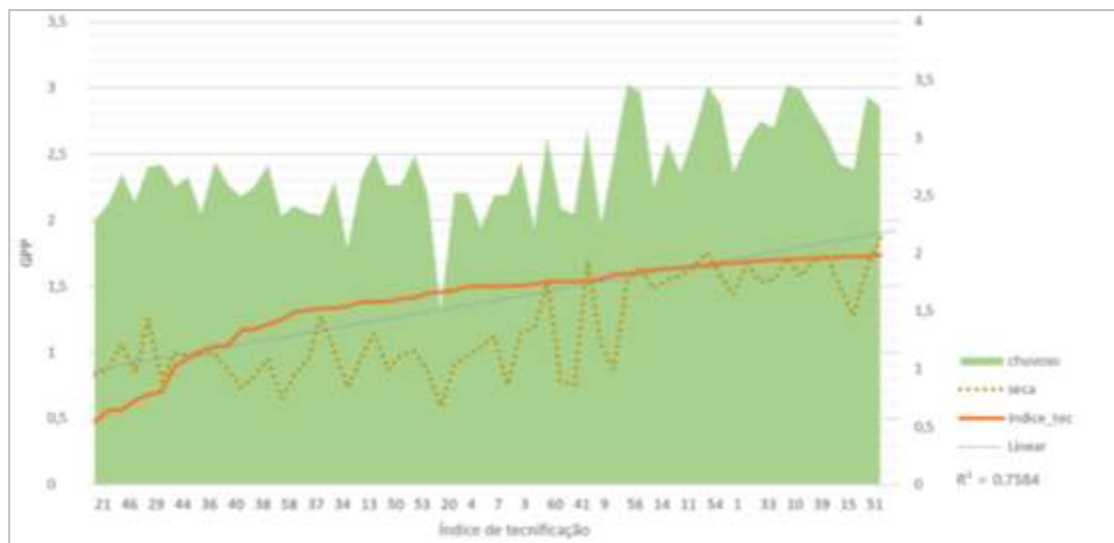
Outro fator determinante na produtividade é a quantidade de radiação ativa absorvida por fotossíntese (APAR), que é consequência da quantidade de radiação solar que chega ao local e à capacidade da vegetação absorver esta radiação, sua eficiência de absorção da luz solar. Observamos que nas propriedades em que apresentavam boa condição de uso das pastagens, com pouco solo exposto e boas condições de solo para seu desenvolvimento, a planta conseguiu uma maior eficiência no aproveitamento da radiação para sua produção de biomassa. A eficiência máxima da conversão da radiação pela planta foi dependente das condições biológicas, ligadas as formas de manejo. Pois, o aumento do seu vigor vegetativo ocorrerá se houver disponibilidades de nutrientes e água no solo.

As propriedades que se destacaram na produtividade da GPP estão localizadas em diferentes porções da bacia, com características fisiográficas, tipos de solo e de manejo distintas, mas com índices pluviométricos e de temperatura semelhantes. A pesquisa realizada em campo identificou que as maiores produtividades da GPP foram observadas em propriedades que possuem alta quantidade de forragem e boas práticas de manejo, o que pode ter refletido na resposta espectral extraída das imagens através do algoritmo SEBAL. O investimento tecnológico por parte do produtor que proporcionou essa qualidade ótima do pasto foi detectável também pela produtividade da planta por sensoriamento remoto.

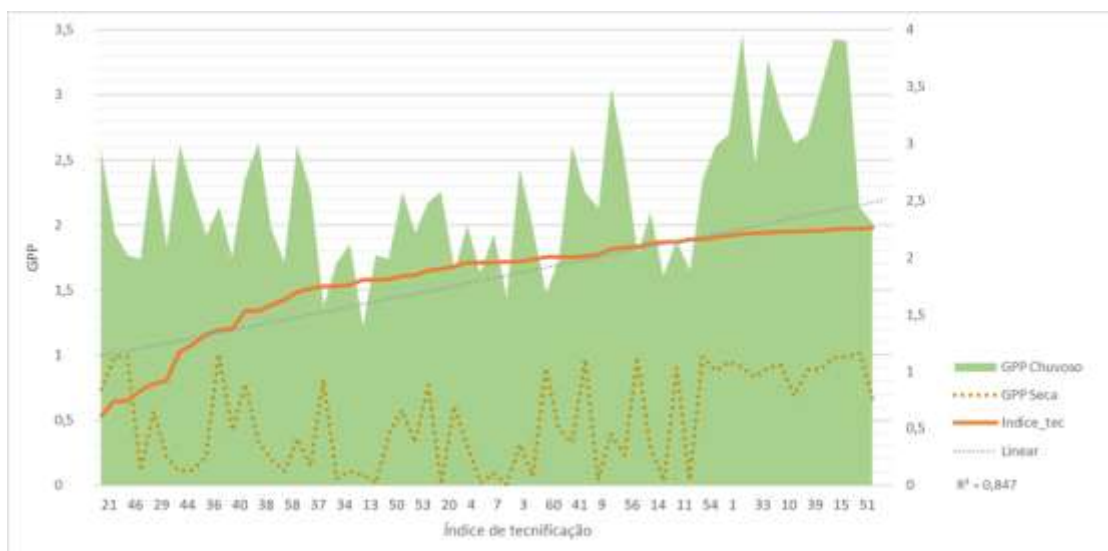
Nas propriedades de alta tecnificação o investimento em insumos, planejamento de rotação e fertilização que promovem o aumento de produtividade da gramínea foi um fator decisivo para a manutenção do aumento da produtividade também nos períodos de estiagem. As práticas de manejo que priorizam a sustentabilidade do sistema têm demonstrado melhorar os serviços ecossistêmicos por meio da conservação e do aumento da produção de forragem, fator primordial que aliados a boas condições de temperatura e precipitação, fornece um ganho de biomassa para aumento de carcaça bovina e torna-se um grande sumidouro de carbono. O que é demonstrado pela significativa relação entre o índice de tecnificação e a produtividade primária bruta (GPP) nas diferentes propriedades da BHRV para os anos de 2015, 2016 e 2017(Figura 12).

Figura 12. Relação entre a produtividade primária bruta (GPP) e o índice de tecnificação em dois períodos (chuvoso e seco) para os anos a avaliados a.2015, b.2016, c.2017.

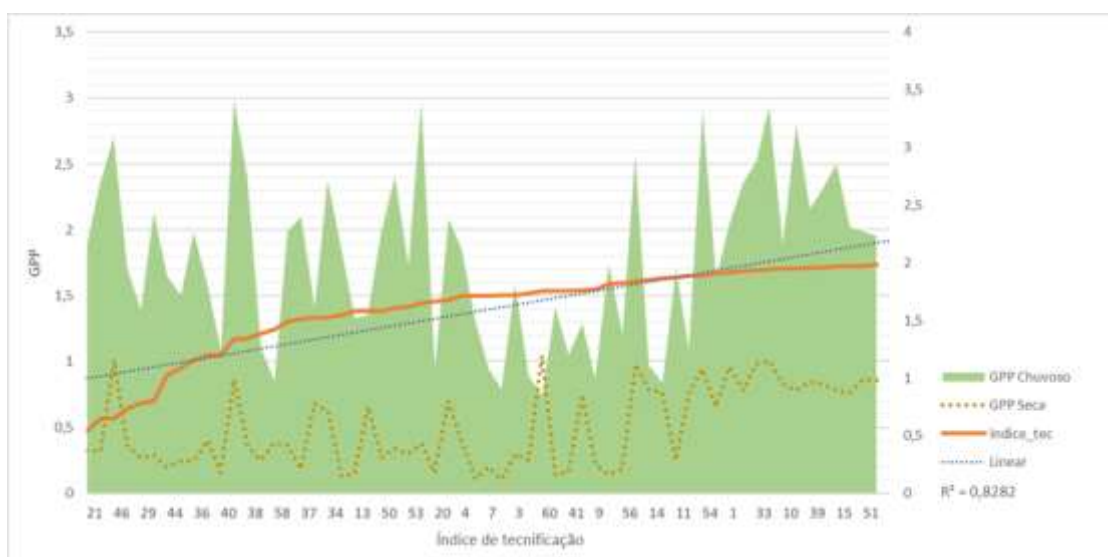
**a.**



b.



c.

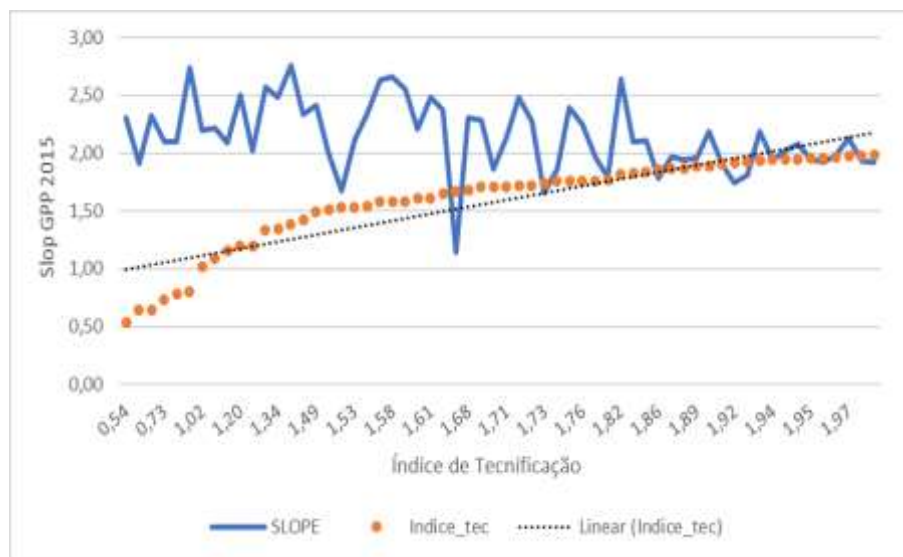


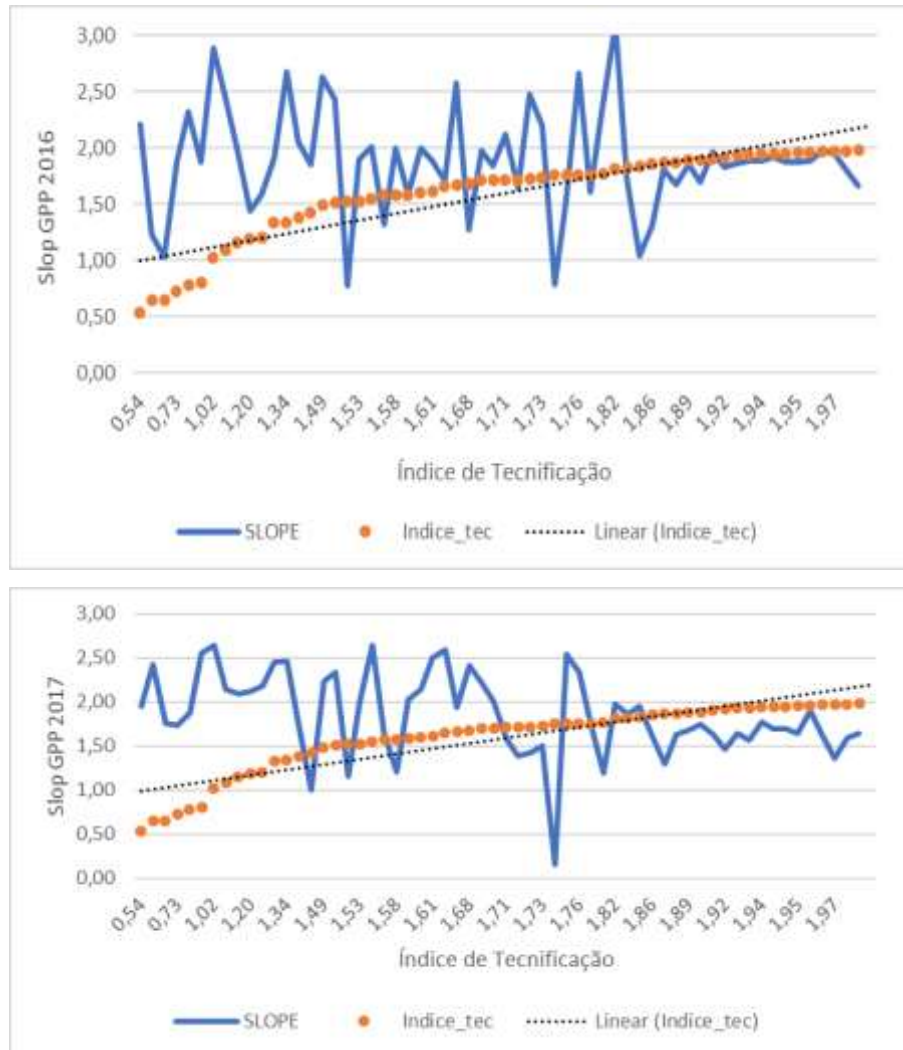
Fonte: Elaborado pelo autor.

A linha de tendência ascendente demonstra o crescimento da GPP em relação aos altos níveis de tecnificação, refletido em bons valores de explicação dos modelos, o que indica que a variável preditora explanou grande parte da variabilidade dos dados da variável resposta ao redor de sua média. O que se torna mais preponderante no ano de 2016 (Figura 12. b), devido a associação das boas características climáticas refletidos em altos picos de precipitação do período que chegaram a 22 dias de chuva com um acumulado anual de 1580 mm, sendo que os demais anos contaram com o acumulado de 1068 mm em 2015 e 1273 mm em 2017.

Além de aumentar a produtividade da planta, o que foi refletido nos resultados da GPP, a queda da biomassa em períodos de baixos índices pluviométricos podem ser menos impactantes para a pastagem, de acordo com os investimentos em tecnologia. O que foi observado para os anos de 2016 e 2017, em que anteriormente houve melhorias de manejo em alguns pastos e estas foram refletidas em aumento de produtividade aliada com uma elevação na quantidade de chuvas. Isso refletiu em mais biomassa disponível nos períodos de seca, diminuindo o efeito sanfona da pastagem. Abaixo o *slope* representa a variação da produtividade primária bruta nos períodos de seca e chuva, o que demonstra que propriedades com maior tecnificação possuem baixa variação (Figura 13). Embora o gráfico também demonstre que fazendas com baixo nível de tecnificação também obtiveram picos de produtividade, através das atividades de campo foi possível identificar que estas propriedades possuem áreas de pastagem com a presença de arbóreas nativas ou grande quantidade de arbustivas invasoras que podem ter sido detectadas pelo sensor.

Figura 13. Representação das amplitudes de variação da média (seca e chuva) das tendências de GPP ao longo dos três anos (slop).





Fonte: Elaborado pelo autor.

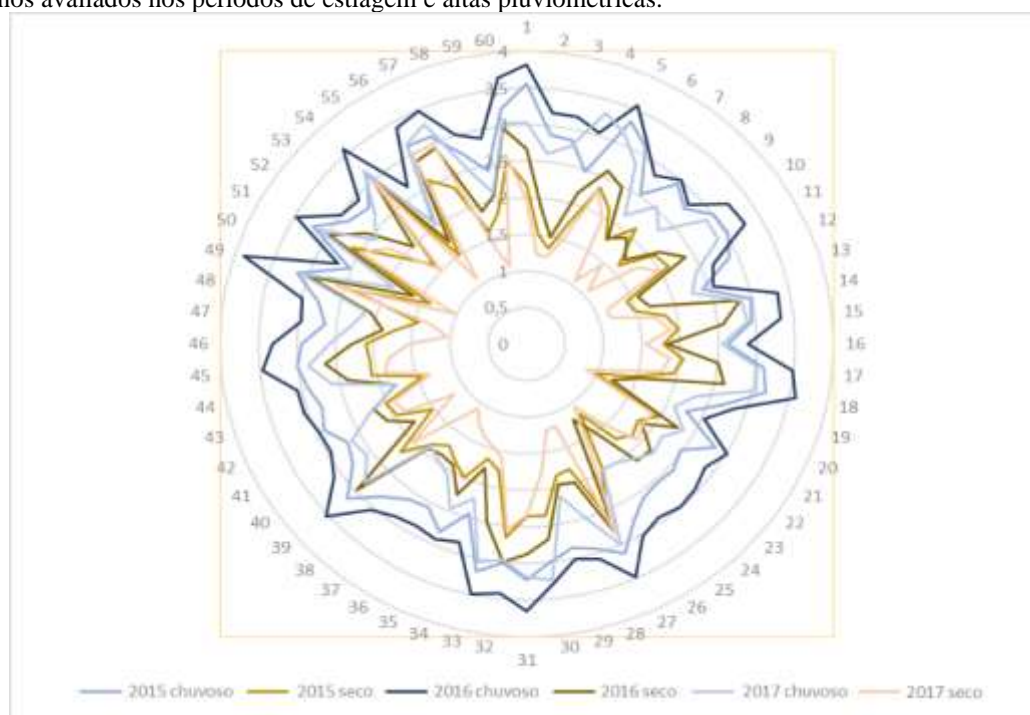
Com o aumento da produtividade primária da planta também foram observados altos índices de evapotranspiração para as mesmas propriedades avaliadas, embora não tenha sido correlacionado significativamente com o índice de tecnificação. Como ocorreu para GPP também obteve alta resposta para o ano de 2016, com o aumento da área foliar que por consequência eleva a transpiração e com isso sua necessidade hídrica, fator que foi primordial para os aumentos em produtividade e foi o ano com maior disponibilidade de água no solo (pelos índices pluviométricos terem sido mais elevados que os demais anos).

A estimativa da evapotranspiração em áreas de pastagens da BHRV, com o uso das imagens do satélite Landsat 8 e a aplicação o algoritmo SEBAL, resultou em uma média para os períodos de chuva de  $3,32 \pm 1,79$  mm/dia<sup>-1</sup> em 2015,  $3,88 \pm 2,53$  mm/dia<sup>-1</sup> em 2016 e  $3,56 \pm 2,07$  mm/dia<sup>-1</sup> em 2017. Para os períodos de estiagem foram encontrados médias de  $2,59 \pm 0,75$

mm/dia<sup>-1</sup> em 2015,  $2,99 \pm 1,2$  mm/dia<sup>-1</sup> em 2016 e  $2,89 \pm 0,99$  mm/dia<sup>-1</sup> em 2017 (Figura X). Estes apresentaram boa correlação com os dados de evapotranspiração encontrados na literatura em áreas de pastagem como em Silva et al., (2004), com médias de  $1,2 \pm 0,7$  mm/dia<sup>-1</sup> (seca)  $4,6 \pm 1,1$  mm/dia<sup>-1</sup> (chuvoso) para áreas de pastagem e  $1,3 \pm 0,4$  mm/dia<sup>-1</sup> (seca),  $3,5 \pm 0,6$  mm/dia<sup>-1</sup> (chuva) para fragmentos de cerrado denso, valores um pouco mais elevados devido a área de pastagem ser experimental e vedada a presença de animais em pastejo.

As áreas que obtiveram maior ETR indicaram alta atividade fotossintética e produção de biomassa como foi observado em relação a produtividade primária bruta. As propriedades que se destacam estão novamente entre o ranking das mais tecnificadas da bacia. Essa variação entre estas propriedades e as demais avaliadas pode ser explicada pela quantidade de energia disponível para o processo evaporativo, associado à disponibilidade hídrica, que se traduz em um ótimo ganho ecossistêmico, principalmente para o ano de 2016 (Figura 14.)

Figura 14. Variação das médias de evapotranspiração para as propriedades da Bacia Hidrográfica do Rio Vermelho em três anos avaliados nos períodos de estiagem e altas pluviométricas.

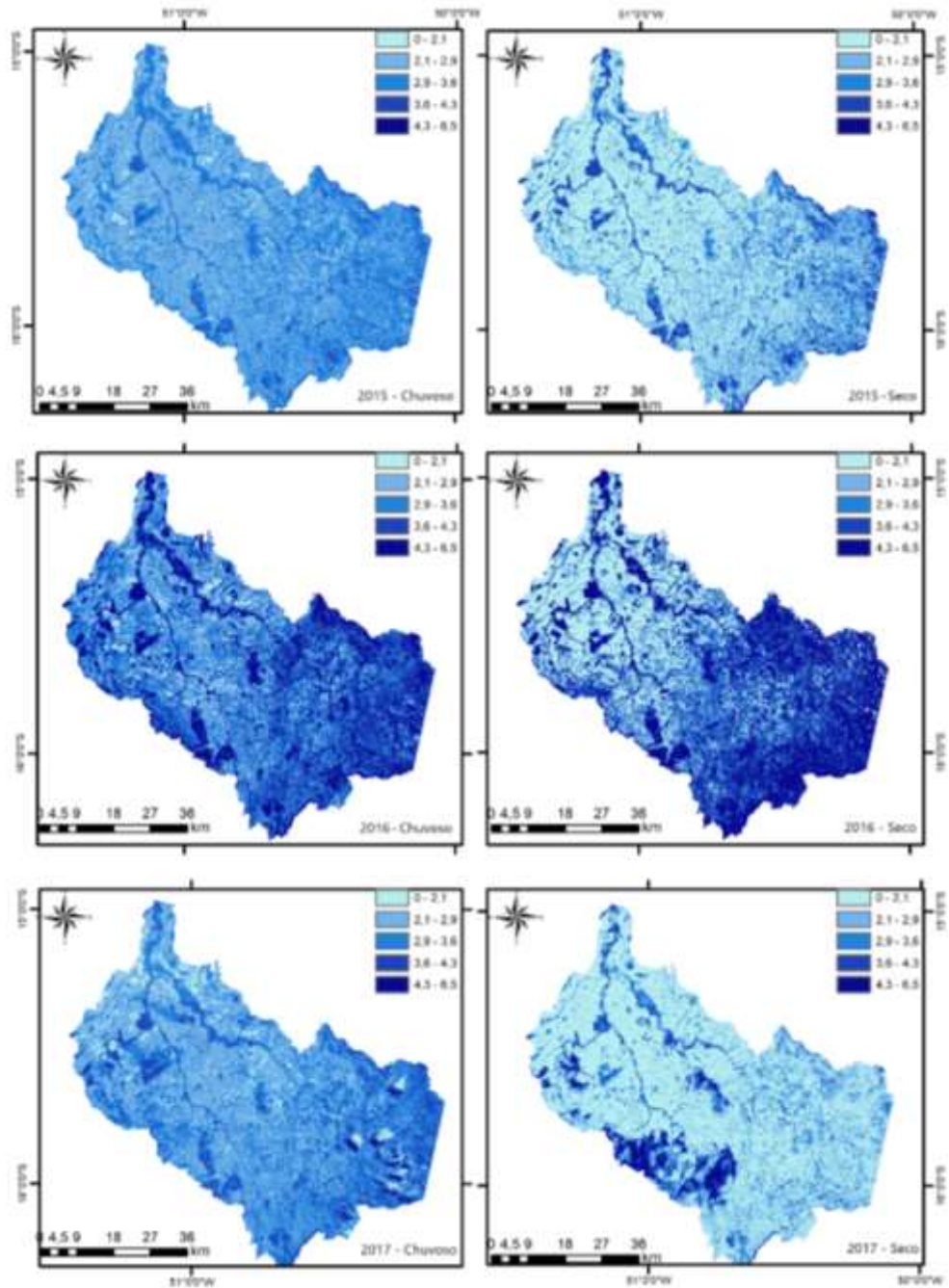


Fonte: Elaborado pelo autor.

Quando se observa os valores da ETR em nível de Bacia Hidrográfica é possível identificar a variabilidade em toda sua extensão, principalmente a diferença em suas porções, na região baixa com valores inferiores e na alta com valores elevados (Figura 15). O que está

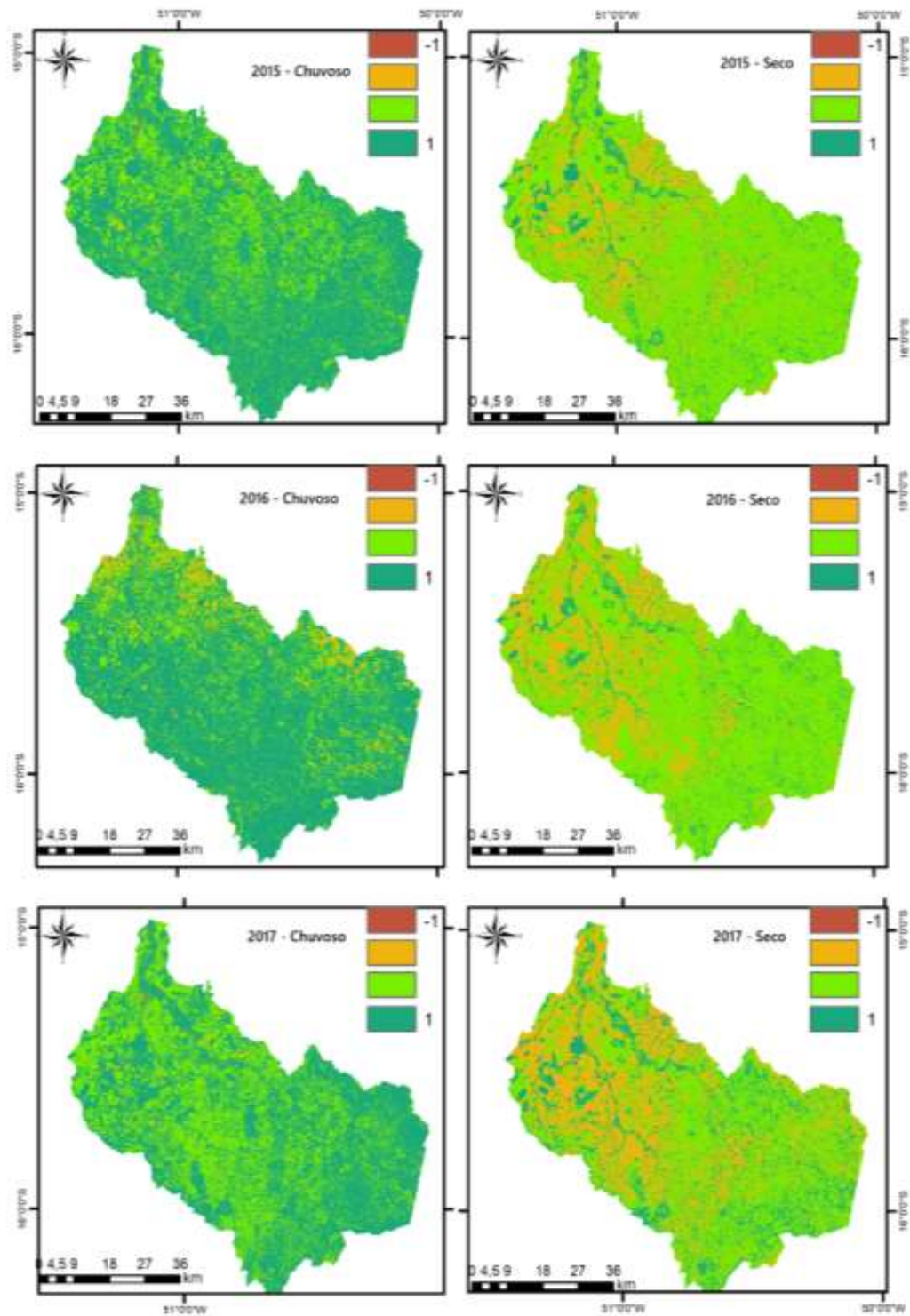
muito ligado a presença de uma quantidade maior de áreas de remanescentes na porção alta, o que pode gerar uma interferência nos valores da evapotranspiração. Por isso a importância deste trabalho em se considerar apenas as áreas de pastagem das propriedades em uma escala local. Corroborando a explicação da não significância estatística desta variável com a tecnificação, a utilização de parâmetros climáticos não são sensíveis sozinhos para a predição das mudanças que ocorrem em sistemas de pastagem, mas sim, associados com os parâmetros fisiológicos da planta, como a eficiência do uso da luz pela braquiária. O mesmo ocorreu para o NDVI (Figura 16), índice de vegetação que está relacionado com as respostas rápidas da biomassa, através da interação da radiação eletromagnética com a vegetação, o que reflete em toda a comunidade de plantas, extremamente sensíveis aos índices pluviométricos. Não há uma especificação para forrageiras em sistemas de pastagem como no cálculo da GPP. Por isso é observado um padrão semelhante entre estas variáveis (evapotranspiração e NDVI), destacando sua importância no contexto no modelo SEBAL, mas evidenciando que ambas sozinhas não podem prever a qualidade ou produtividade das pastagens em nível de propriedade, pois contam com a presença de arbóreas e arbustivas.

Figura 15. Mapa dos valores encontrados pelo algoritmo SEBAL para os valores de evapotranspiração para a Bacia Hidrográfica do Rio Vermelho nos anos avaliados.



Fonte: Elaborado pelo autor.

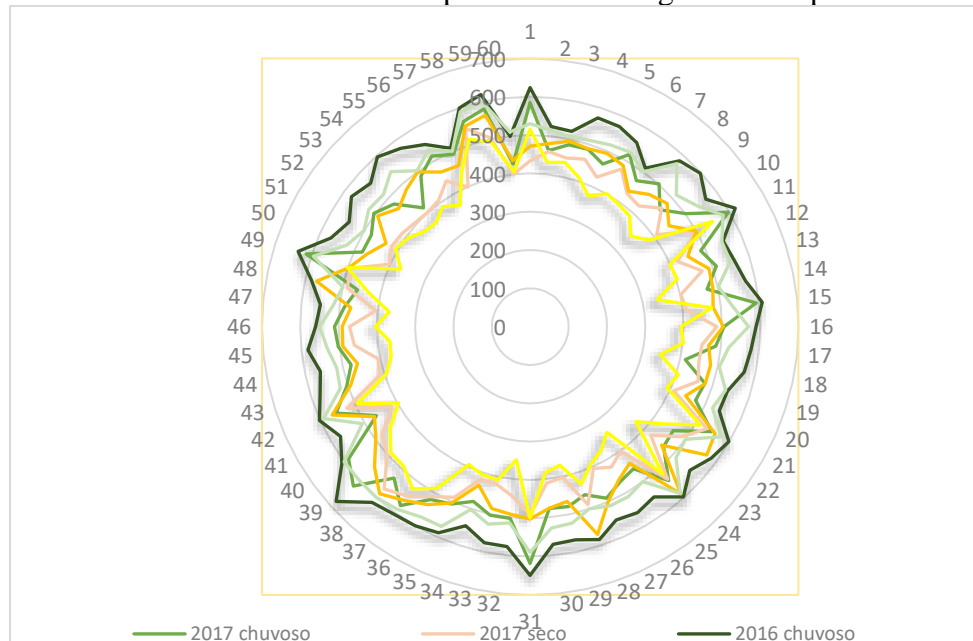
Figura 16. Mapa dos valores encontrados pelo algoritmo SEBAL para os índices de vegetação (NDVI) para a Bacia Hidrográfica do Rio Vermelho nos anos avaliados.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Com uma maior biomassa expressa em área foliar e uma menor quantidade de solo exposto em áreas de alta tecnificação, também foi observado um aumento no saldo de radiação entre as propriedades com maior tecnificação. Este apresentou variação de 350 a 700 W/m<sup>2</sup> no período analisado. Esta variação pode ser explicada pela quantidade de energia disponível (radiação solar incidente), sendo perceptível a influência da sazonalidade climática nos componentes do balanço de radiação nas áreas de pastagem. Ao se relacionar o saldo de radiação com a tecnificação das propriedades tivemos uma baixa explicação do modelo. O que pode ser devido ao fato de que a tecnificação não é um índice que se relaciona a essa variável biofísica de forma direta, mas sim indireta, através da biomassa como foi refletida via GPP (Figura 17).

Figura 17. Variação das médias do saldo de radiação para as propriedades da Bacia Hidrográfica do Rio Vermelho em três anos avaliados nos períodos de estiagem e altas pluviométricas.



Fonte: Elaborado pelo autor.

## Conclusões

Os investimentos em tecnologia na atividade pecuária são revertidos em ganhos econômicos e serviços ecossistêmicos. O debate prevalente indica o aumento de ganhos financeiros no setor produtor de carne com o incremento de novas tecnologias no sistema, mas muito tem-se discutido atualmente qual seria o ganho no sentido ambiental deste setor.

Com os resultados obtidos a partir das análises desta pesquisa foi possível identificar em uma escala local (de propriedade) os impactos da tecnificação sob diferentes condições topográficas e de solo. Como apontado por Arantes *et al.*, (2018) a intensificação na pecuária para ser precisa e melhor entendida deverá considerar fatores como as limitações locais do solo, topografia, condições de mercado e os impactos nas emissões de gases de efeito estufa. Além disso, para que todo esse panorama seja considerado viável e produtivo para as exigências ambientais do mercado externo, deve-se ater a preocupações ambientais ligadas as emissões de gases.

A integração das análises da GPP em consonâncias com as boas práticas de manejo se mostrou eficaz para análise do serviço de sequestro de carbono nas pastagens. Evidenciando a importância do investimento em aporte tecnológico na mitigação de carbono, tornando ativos ambientais uma nova commodity a ser incorporada à carne *in natura*. O que pode elevar o patamar da produção brasileira, aumentando a competitividade no mercado internacional, além de contribuir para a regulação climática, manutenção dos solos e poupando que novas áreas sejam abertas para este setor.

Visto que a sustentabilidade é uma exigência de mercado, além de garantir a manutenção dos sistemas pecuários e dos serviços ecossistêmicos ressalta-se a importância de uma ação nacional que envolva o Estado e o setor produtivo na busca de maior tecnificação da pecuária.

Os bovinos criados em pastagens tropicais podem encontrar deficiências múltiplas de nutrientes, especialmente durante o período de dormência das gramíneas. As práticas de suplementação que considere estes aspectos devem ser estimuladas para possibilitar a exploração da bovinocultura sustentável em pastagens.

No Brasil ainda se tem a possibilidade de recuperação das áreas degradadas com diversos tipos de tecnologias desenvolvidas ao longo de anos pelas instituições de pesquisa, como os sistemas de integração e a própria intensificação da pecuária que permite a terminação precoce influenciando o balanço de carbono nos sistemas pecuários. O que se torna um ganho de mercado em relação a outros países, no Hemisfério Norte se calculam apenas as emissões dos gases de efeito estufa, pelo período de neve, diferente do Brasil, que temos a emissão, mas também, o sequestro, assim a equação do balanço se torna sustentável.

## Referências Bibliográficas

- ABADIAS, Ivalmir Mota; DA FONSECA, Paulo Roberto Beltramin; BARBOS, Cleison Hugo. MANEJO DA PECUÁRIA-UMA ANÁLISE SOBRE IMPACTOS AMBIENTAIS. *Educamazônia-Educação, Sociedade e Meio Ambiente*, v. 24, n. 1, jan-jun, p. 113-125, 2020.
- AKAIKE, Hirotugu. A new look at the statistical model identification. *IEEE transactions on automatic control*, v. 19, n. 6, p. 716-723, 1974.
- ANA, Wallace Pereira Sant; LEMOS, Glen César. METODOLOGIA CIENTÍFICA: a pesquisa qualitativa nas visões de Lüdke e André. *Revista Eletrônica Científica Ensino Interdisciplinar*, v. 4, n. 12, p. 531-541, 2018.
- Arantes, A. E., Couto, V. R. D. M., Sano, E. E., & Ferreira, L. G. (2018). Livestock intensification potential in Brazil based on agricultural census and satellite data analysis. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 53(9), 1053-1060.
- ASSAD, E. D., PINTO, H. S., MARTINS, S. C., GROPPPO, J. D., SALGADO, P. R., EVANGELISTA, B., VASCONCELLOS, E., SANO, E. E., PAVÃO, E., LUNA, R., CAMARGO, P. B., MARTINELLI, L. A. Changes in soil carbon stocks in Brazil due to land use: paired site comparisons and a regional pasture soil survey. *Biogeosciences*, v.10, p.6141-6160, 2013.
- Assad, E. D., Costa, L. C., MARTINS, S., Calmon, M., Feltran-Barbieri, R., Campanili, M., & NOBRE, C. Papel do Plano ABC e do Planaveg na adaptação da agricultura e da pecuária às mudanças climáticas. *Embrapa Informática Agropecuária-Fôlder/Folheto/Cartilha (INFOTECA-E)*.2019.
- Assad, E. D., Martins, S. C., Cordeiro, L. A. M., & Evangelista, B. A. (2019). Sequestro de carbono e mitigação de emissões de gases de efeito estufa pela adoção de sistemas integrados. *ILPF: inovação com integração de lavoura, pecuária e floresta*.
- ASSAD, Eduardo Delgado; MARTINS, Susian. a eVolução De um noVo ParaDiGma. *AgroANALYSIS*, v. 35, n. 3, p. 32-34, 2015.
- BASTIAANSEN, Wim GM; ALI, Samia. A new crop yield forecasting model based on satellite measurements applied across the Indus Basin, Pakistan. *Agriculture, ecosystems & environment*, v. 94, n. 3, p. 321-340, 2003.
- Birgé, H. E., Allen, C. R., Garmestani, A. S., & Pope, K. L. (2016). Adaptive management for ecosystem services. *Journal of Environmental Management*, 183, 343-352.
- BPBES, *Brazilian Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*, 2020. Disponível em: < <https://www.bpbes.net.br/>>. Acesso em: 22, março de 2019.
- Bradford, M. A., Carey, C. J., Atwood, L., Bossio, D., Fenichel, E. P., Gennet, S. & Wood, S. A. (2019). Soil carbon science for policy and practice. *Nature Sustainability*, 2(12), 1070-1072.

BRAZ, S. P., URQUIAGA, S., ALVES, B. J. R., JANTALIA, C. P., GUIMARÃES, A. P., DOS SANTOS, C. A., DOS SANTOS, S. C., PINHEIRO, E. F. M., BODDEY, R. M. Soil Carbon Stocks under Productive and Degraded Brachiaria Pastures in the Brazilian Cerrado. **Soil Science Society American Journal**, v.77 (2), p. 914–928, 2013.

BURNEY, Jennifer A.; DAVIS, Steven J.; LOBELL, David B. Greenhouse gas mitigation by agricultural intensification. **Proceedings of the national Academy of Sciences**, v. 107, n. 26, p. 12052-12057, 2010.

Cabral, C. E. A., Cabral, C. H. A., Santos, A. R. M., Motta, A. M., & Mota, L. G. (2021). Impactos técnico-econômicos da adubação de pastos. *Nativa*, 9(2), 173-181.

Cândido, M. J. D., Lopes, M. N., Furtado, R. N., & Pompeu, R. C. F. F. (2018). Potencial e desafios para a produção animal sustentável em pastagens cultivadas do Nordeste. *Embrapa Caprinos e Ovinos-Artigo em periódico indexado (ALICE)*.

COSTANZA, ROBERT *et al.* The value of the world's ecosystem services and natural capital. **nature**, v. 387, n. 6630, p. 253-260, 1997.

COSTANZA, ROBERT *et al.* Changes in the global value of ecosystem services. **Global environmental change**, v. 26, p. 152-158, 2014.

Feliciano, D., Ledo, A., Hillier, J., & Nayak, D.R. Quais opções agroflorestais oferecem os maiores benefícios de carbono no solo e acima do solo em diferentes regiões do mundo? *Agricultura, ecossistemas e meio ambiente*, 254, 117-129. 2018.

de Figueiredo, E. B., Jayasundara, S., de Oliveira Bordonal, R., Berchielli, T. T., Reis, R. A., Wagner-Riddle, C., & La Scala Jr, N. (2017). Greenhouse gas balance and carbon footprint of beef cattle in three contrasting pasture-management systems in Brazil. *Journal of cleaner production*, 142, 420-431.

de Sá Souza, M., Jardim, A. M. D. R. F., Júnior, G. D. N. A., Silva, J. R. I., Leite, M. L. D. M. V., Teixeira, V. I., & da Silva, T. G. F. (2018). Ciclagem de nutrientes em ecossistemas de pastagens tropicais. *Pubvet*, 12, 172.

de Souza Filho, W., de Albuquerque Nunes, P. A., Barro, R. S., Kunrath, T. R., de Almeida, G. M., Genro, T. C. M., ... & de Faccio Carvalho, P. C. (2019). Mitigation of enteric methane emissions through pasture management in integrated crop-livestock systems: Trade-offs between animal performance and environmental impacts. *Journal of Cleaner Production*, 213, 968-975.

DIAS-FILHO, M. B., DAVIDSON, E. A., CARVALHO, C. J. R. (2001). Linking biogeochemical cycles to cattle pasture management and sustainability in the Amazon basin.

DIAS-FILHO, M. B. Diagnóstico das pastagens no Brasil. Belém-PA: Embrapa Amazônia Oriental-Documentos (INFOTECA-E), 2014, v.1. 38p.

FAO, FIDA, UNICEF, PMA y OMS. 2018. El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo. Fomentando la resiliencia climática en aras de la seguridad alimentaria y la nutrición. FAO, Roma.

GOTELLI, Nicholas J.; ELLISON, Aaron M. **Princípios de estatística em ecologia**. Artmed Editora, 2016.

LEITE, Marcos Esdras et al. COMPORTAMENTO E INFLUÊNCIA DO ALBEDO E TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE NO BALANÇO DE RADIAÇÃO EM ÁREAS DE CERRADO. **Caminhos de Geografia**, v. 21, n. 73, p. 131-147, 2020.

Levels of Pastures in the Atlantic Forest Biome? **Journal of Agricultural Science**, v. 6(1), p. 123-154, 2014.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade Metodologia do. **Trabalho Científico**. São Paulo: Atlas, 2001.

LANDAU, E., da SILVA, G. A., MOURA, L., HIRSCH, A., & GUIMARAES, D. (2020). Dinâmica da produção agropecuária e da paisagem natural no Brasil nas últimas décadas: sistemas agrícolas, paisagem natural e análise integrada do espaço rural. *Embrapa Milho e Sorgo-Livro científico (ALICE)*.

LAPIG. Lapig-Maps. Disponível em: <http://maps.lapig.iesa.ufg.br/lapig.html>. Acesso em: 10 dez. 2019.

Latawiec, A. E., Strassburg, B. B., Junqueira, A. B., Araujo, E., de Moraes, L. F. D., Pinto, H. A & Hale, S. E. (2019). Biochar amendment improves degraded pasturelands in Brazil: environmental and cost-benefit analysis. *Scientific reports*, 9(1), 1-12.

Le, T. H., Chang, Y., & Park, D. (2019). Economic development and environmental sustainability: evidence from Asia. *Empirical Economics*, 57(4), 1129-1156.

LI, Shuang; POTTER, Christopher; HIATT, Cyrus. Monitoring of net primary production in California rangelands using Landsat and MODIS satellite remote sensing. 2012.

Liang, M., Smith, N. G., Chen, J., Wu, Y., Guo, Z., Gornish, E. S., & Liang, C. (2021). Shifts in plant composition mediate grazing effects on carbon cycling in grasslands. *Journal of Applied Ecology*, 58(3), 518-527.

Maes, J., Teller, A., Erhard, M., Condé, S., Vallecillo, S., Barredo, J.I., Paracchini, M.L., Abdul Malak, D., Trombetti, M., Vigiak, O., Zulian, G., Addamo, A.M., Grizzetti, B., Somma, F., Hagyo, A., Vogt, P., Polce, C., Jones, A., Marin, A.I., Ivits, E., Mauri, A., Rega, C., Czucz, B., Ceccherini, G., Pisoni, E., Ceglar, A., De Palma, P., Cerrani, I., Meroni, M., Caudullo, G., Lugato, E., Vogt, J.V., Spinoni, J., Cammalleri, C., Bastrup-Birk, A., San Miguel, J., San Román, S., Kristensen, P., Christiansen, T., Zal, N., de Roo, A., Cardoso, A.C., Pistocchi, A., Del Barrio Alvarillos, I., Tsiamis, K., Gervasini, E., Deriu, I., La Notte, A., Abad Viñas, R., Vizzarri, M., Camia, A., Robert, N., Kakoulaki, G., Garcia Bendito, E., Panagos, P., Ballabio, C., Scarpa, S., Montanarella, L., Orgiazzi, A., Fernandez Ugalde, O., Santos-Martín, F.,

*Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services: An EU ecosystem assessment*, EUR 30161 EN, Publications Office of the European Union, Ispra, 2020.

Malafaia, G. C., de Azevedo, D. B., PEREIRA, M. D. A., & MATIAS, M. D. A. (2019). A sustentabilidade na cadeia produtiva da pecuária de corte brasileira. *Embrapa Gado de Corte-Capítulo em livro científico (ALICE)*.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. 2005. Ecosystems and human well-being: synthesis. Island Press, Washington, D.C.

MMA, Ministério do Meio Ambiente, Serviços Ecológicos.2020. Disponível em:<<https://antigo.mma.gov.br/component/k2/item/15320-servi%C3%A7os-ecossist%C3%A7oes.html#servi%C3%A7os-ecossist%C3%A7oes>> . Acesso em: 06 de maio de 2020.

OLIVEIRA, O. C., OLIVEIRA, I. P., ALVES, B. J. R., URQUIAGA, S., BODDEY, R. M. (2004). Chemical and biological indicators of decline/degradation of Brachiaria pastures in the Brazilian Cerrado. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 103, p. 289-300, 2004.

OLIVEIRA, E. R. D., SILVA, J. R., BAUMANN, L. R. F., MIZIARA, F., FERREIRA JÚNIOR, L. G., MERELLES, L. R., & COUTO, V. R. M. (2018). Development of a technological index for the assessment of the beef production systems of the vermelho river basin in goiás, Brazil. **Pesquisa Operacional**, 38(1), 117-134.

Paul, B. K., Epper, C. A., Tschopp, D. J., Long, C. T. M., Tungani, V., Burra, D., ... & Douchamps, S. (2022). Crop-livestock integration provides opportunities to mitigate environmental trade-offs in transitioning smallholder agricultural systems of the Greater Mekong Subregion. **Agricultural Systems**, 195, 103285.

PEREIRA, Luís Flávio; FERREIRA, Cecília Fátima Carlos; GUIMARÃES, Ricardo Morato Fiúza. Manejo, qualidade e dinâmica da degradação de pastagens na Mata Atlântica de Minas Gerais-Brasil. **Nativa, Sinop**, v. 6, n. 4, p. 370-379, 2018.

PENIDO, Caio. Caderno da Pecuária Sustentável. **AgroANALYSIS**, v. 39, n. 11, p. 34-38, 2019.

PINTO SIMÕES, Vicente José Laamon et al. Assimilação de carbono em plantas forrageiras. **Brazilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science/Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, v. 12, n. 1, 2019.

RICKLEFS, Robert E. A economia da natureza. 5ª. Ed. **Rio de Janeiro: Guanabara**, 2003.

ROSA, R., SANO, E. E., ROSENDO, J. S. Estoque de Carbono em Solos sob Pastagens Cultivadas na Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba. **Sociedade e Natureza**, v. 26(2), p. 333-351, 2014.

Ruggieri, A. C., & Cardoso, A. S. (2017). Balanço de carbono em sistemas de produção animal: fontes de emissão e opções de mitigação. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 25, 1-2.

RUST, J. M. (2018). The impact of climate change on extensive and intensive livestock production systems. *Animal Frontiers*, 9(1), 20-25.

SANTANA, C., CAMPOS, S., MARRA, R., & ARAGÃO, A. (2020). Cerrado: pilar da agricultura brasileira. *Área de Informação da Sede-Capítulo em livro científico (ALICE)*.

SANTOS, Pablo Santana; FERREIRA, Laerte Guimarães; LENZI, Ítalo Luiz Corrêa. CARACTERIZAÇÃO BIOFÍSICA DAS PASTAGENS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERMELHO (GO), BIOMA CERRADO, BRASIL. *Boletim de Geografia*, v. 36, n. 3, p. 53-73, 2018.

SEVERO, Christiane Marques; MATTE, Alessandra. Políticas públicas para a pecuária no bioma Pampa: análises para Brasil e Uruguai. *Agricultura Familiar: Pesquisa, Formação e Desenvolvimento*, v. 14, n. 1, p. 14-40, 2020.

Silva, B. B. D., Galvíncio, J. D., Montenegro, S. M. G. L., Machado, C. C. C., Oliveira, L. M. M. D., & Moura, M. S. B. D. (2013). Determinação por sensoriamento remoto da produtividade primária bruta do perímetro irrigado São Gonçalo-PB. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 28(1), 57-64.

Van Vliet, N., Mertz, O., Heinemann, A., Langanke, T., Pascual, U., Schmook, B & Ziegler, A. D. (2012). Trends, drivers and impacts of changes in swidden cultivation in tropical forest-agriculture frontiers: a global assessment. *Global Environmental Change*, 22(2), 418-429.

VIEIRA, Pedro Alves; FERREIRA, Nilson Clementino; FERREIRA, Laerte Guimarães. Analysis of the landscape natural vulnerability relatively to the different levels of occupation in the Rio Vermelho watershed, Goiás State, Brazil. *Sociedade & Natureza*, v. 26, n. 2, p. 385-400, 2014.

Vignola, R., Harvey, C. A., Bautista-Solis, P., Avelino, J., Rapidel, B., Donatti, C., & Martinez, R. (2015). Ecosystem-based adaptation for smallholder farmers: Definitions, opportunities and constraints. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 211, 126-132.

Veloso, G. A., Ferreira, M. E., Júnior, L. G. F., & da Silva, B. B. (2020). Modelling gross primary productivity in tropical savanna pasturelands for livestock intensification in Brazil. *Remote Sensing Applications: Society And Environment*, v. 17, p. 100288, 2020.

USGS. United States Geological Survey, 2016. Disponível em: <http://earthexplorer.usgs.gov> or <http://glovis.usgs.gov>. Acesso em: maio de 2019.

WOLFINGER, Russ. Covariance structure selection in general mixed models. *Communications in statistics-Simulation and computation*, v. 22, n. 4, p. 1079-1106, 1993.

ZHANG, Y., XIAO, X., WU, X., ZHOU, S., ZHANG, G., QIN, Y., & DONG, J. A global moderate resolution dataset of gross primary production of vegetation for 2000–2016. *Scientific data*, 4(1), 1-13. 2017.

## 5. CONCLUSÃO FINAL

As atividades econômicas que promoveram as migrações para o interior do país, com ações mais voltadas para a ocupação do que para a produção, se viu pressionada a incorporar um fator determinante para a conquista de mercado internacional: a preocupação ambiental. Esta decorre da preocupação mundial, vocalizada pelas lideranças mundiais, com as mudanças climáticas, com o foco na mitigação de gases de efeito estufa. A pecuária foi apontada como grande vilã nesse processo e para garantir sua participação na balança comercial percebe-se uma intensificação de esforços a fim de identificar o papel do sistema pastagem na emissão desses gases. A dinâmica do carbono passou a integrar a agenda de instituições governamentais associadas a universidades estrangeiras e nacionais voltadas ao estudo de pastagem.

As pesquisas brasileiras se intensificaram no setor de ações de mitigação ligadas ao carbono, mesmo antes deste ser um indicador de serviço ecossistêmico de provisão pela Análise Ecossistêmica do Milênio. A análise cienciométrica por nós realizada neste trabalho comprovou os grandes esforços nacionais e internacionais para desmistificar a imagem da pecuária nacional de grande emissora de gases. Pesquisas na área conseguiram mensurar não só o carbono, mas os aspectos ligados à sua forma de assimilação no solo. Assim, é expressiva a quantidade de experimentos nessa temática, mas em poucos trabalhos o efeito do pastejo foi abordado segundo a realidade da pecuária brasileira a campo.

A junção do capim africano com as condições hídricas, de solo e relevo, modificou os rumos da produção de carne. O sistema radicular dessas forrageiras exóticas funciona como verdadeiros sumidouros de carbono mesmo em efeito de pastejo. O fator primordial para a efetividade dos estoques nesses ambientes é o tipo de gestão aplicado ao sistema. Do pequeno ao médio pecuarista, a forma de gerir os solos, na sua correção com insumos ou conservação com o manejo adequado, é a chave par manutenção da vida subterrânea em uma pastagem. As análises de solo e planta demonstram o importante potencial de propriedades distintas estocarem carbono através da relação direta com a biomassa subterrânea e a matéria orgânica no solo.

A adição de tecnologias na pecuária é a força motriz para o desenvolvimento de um sistema de pastagem efetivo da mitigação de gases de efeito estufa, e o estoque de carbono é um dos feedbacks desse processo. Isso foi corroborado ao cruzarmos o pacote tecnológico que engloba uma série de ações importantes para o aumento da produtividade na fazenda com o carbono estocado nas pastagens. Neste trabalho foi possível, com o auxílio do sensoriamento

remoto, abarcar um número amostral maior que nas coletas in situ, que demandam um alto investimento financeiro, para análise da produtividade primária bruta.

Assim foi possível destacar o legado ambiental da pecuária brasileira em uma área representativa de Cerrado e que a adoção de boas práticas é a solução para a manutenção da presença nacional no mercado internacional e a preservação dos serviços ecossistêmicos do setor. Este setor vem suprindo a demanda de economias em ascensão como a China, ao mesmo tempo em que aperta o cerco das exigências sanitárias e ambientais, seleciona mais ainda a pecuária livre de desmatamento e o selo verde incorporado incentiva a produtividade por meio da conservação e manutenção desses novos *green bonds*.

As mudanças observadas na pecuária brasileira ocorrem de forma gradual e o que foi comprovado na Bacia do Rio Vermelho é encontrado em várias regiões brasileiras: uma parcela de proprietários que possuem dificuldades no manejo de sua pastagem, necessitando de capacitações técnicas e aporte tecnológico cabível a sua realidade econômica, podendo assim reverter suas áreas em degradação e ampliar sua produção. Assim, teremos um efeito mitigador da necessidade de conversão de novas áreas para a atividade, uma maior resiliência de ciclagem do próprio sistema, além de não excluir essa grande parcela de fornecedores de proteína animal no país.

Os caminhos para um país voltado para a produção de commodities e com rica biodiversidade é a busca por pesquisas que incentivam o tripé da sustentabilidade: ambiental com a abordagem de mitigações, social ao se preocupar com a manutenção da economia das pessoas do campo e governança ao propor medidas de melhorias do setor através de políticas públicas.

## 6. APÊNDICES

### 6.1 Apêndice 1

cod_paper	year	author
001	2003	Lilienfein_J
002	1994	Cadisch_G
003	2016	Trevisan_ACD
004	2016	Schulz_K
005	2014	Lobato_JF
006	2017	Figueiredo_EB
007	2016	Cardoso_AS
008	2016	Kamali_FP
009	2015	Ruviaro_CF
010	2017	Bogaerts_M
011	2017	Silva_RO
012	2015	Baldoto_MA
013	2008	Laossi_KR
014	2016	Palmer_C
015	2018	Rezende_CL
016	2012	Wantzen_KM
017	2001	Portela_R
018	2013	Assad_ED
019	2014	Azenha_MV
020	2013	Babilonia_JL
021	2010	Battle-Bayer_L
022	2013	Braz_SP
023	2017	Lathuilliere_MJ
024	2014	Watanabe_MDB
025	2012	Calonego_JC
026	2010	Carvalho_JLN
027	2014	Cook_RL
028	1999	Corazza_EJ
029	2006	Corbeels_M
030	2010	Souza_LF
031	2014	Costa_MG

032	2004	DAndrea_AL
033	2010	Dias_RRA
034	2013	Ferreira_ME
035	2008	Frazaio_LA
036	2006	Jantalia_CP
037	2014	Junior_PRR
038	2009	Carvalho_FMV
039	2002	Lardy_LC
040	2013	Leite_LFC
041	2018	Santos_DDC
042	2010	Lopes_MM
043	2013	Loss_A
044	2009	Maia_SMF
045	2010	Martins_SC
046	2011	Muniz_LC
047	2012	Neto_SPS
048	2004	Neves_CMN
049	2009	Neves_CMN
050	2010	Nogueira_SF
051	2017	Dantas-Junior_AB
052	2018	Gmach_MR
053	2018	Nobrega_RLB
054	2014	Rosa_R
055	2001	Roscoe_R
056	2018	Silva_DRO
057	2016	Sant-Anna_SAC
058	2018	Fernandes_FHC
059	2016	Silva_DM
060	2004	Silva_JE
061	2003	Szakacs_GGJ
062	2011	Teixeira_EMLC
063	2010	Tonucci_RG
064	2018	Anache_JAA
065	2014	Carvalho_AM
066	2012	Rosendo_JS
067	2010	Neto_MS
068	2016	Alves_RP
069	2016	Silveira_ALR
070	2014	Wendling_B

071	2006	Lima_AMN
072	2007	Santos_RSM
073	2017	Lammel_DR
074	2018	Barros_LR
075	2016	Oliveira_WRD
076	2004	Oliveira_OC
077	2010	Kaschuk_G
078	2014	Soussana_JF
079	2014	Cohn_AS
080	2013	Luz_RA
081	2011	Almeida_S
082	2013	Manhaes_CMC
084	2018	Brito_JLS
085	2017	Brunes_LC
086	2015	Ragusa-Netto
087	2009	Pulrolnik_K
088	2012	Guareschi_RF
089	2014	Carvalho_JLN
090	2017	Sartori_ED
091	2015	Mendes_TJ
092	2012	Rosolen_V
093	2002	Balbino_LC
094	2017	Carvalho_AM
095	2017	Gomes_L
096	2010	Vendrame_PRS
097	2010	Santana_OA
098	2003	Meirelles_ML
099	2017	Tonucci_RG
100	1999	Koutika_LS
101	2015	Dick_M
102	2016	Cerri_CC
103	2018	Silva-Marques_RP
104	2017	Tamele_OH

---

title

Soil\_Fertility\_under\_Native\_Cerrado\_and\_Pasture\_in\_the\_Brazilian\_Savanna

Nitrogen\_cycling\_in\_a\_pure\_grass\_pasture\_and\_a\_grass\_legume\_mixture\_on\_a\_red\_latosol\_in\_Brazil

Farmer\_perceptions\_policy\_and\_reforestation\_in\_Santa\_Catarina\_Brazil

Farmer\_perceptions\_policy\_and\_reforestation\_in\_Santa\_Catarina\_Brazil

Brazilian\_beef\_produced\_on\_pastures\_Sustainable\_and\_healthy  
 \_systems\_in\_Brazil  
 e\_gas\_emissions\_and\_land\_use  
 Environmental\_and\_economic\_performance\_of\_beef\_farming\_systems\_with\_different\_feeding\_tegies\_in\_so  
 Carbon\_footprint\_in\_different\_beef\_production\_systems\_on\_a\_southern\_Brazilian\_farm\_a\_case\_study  
 Climate\_change\_mitigation\_through\_intensified\_pasture\_management\_Estimating\_greenhouse\_gas\_emissi  
 Sustainable\_intensification\_of\_Brazilian\_livestock\_production\_through\_optimized\_pasture\_restoration  
 Estoque\_e\_fracoos\_de\_carbono\_organico\_e\_fertilidade\_de\_solo\_sob\_floresta\_agricultura\_e\_pecuaria  
 Effects\_of\_plant\_diversity\_on\_plant\_biomass\_production\_and\_soil\_macrofauna\_in\_Amazonian\_pastures  
 Getting\_more\_carbon\_bang\_for\_your\_buck\_in\_Acre\_State\_Brazil  
 Atlantic\_forest  
 Soil\_carbon\_stocks\_in\_stream\_valley\_ecosystems\_in\_the\_Brazilian\_Cerrado\_agroscape  
 A\_dynamic\_model\_of\_patterns\_of\_deforestation\_and\_their\_effect\_on\_the\_ability\_of\_the\_Brazilian\_Amaz  
 Changes\_in\_soil\_carbon\_stocks\_in\_Brazil\_due\_to\_land\_use\_paired\_site\_comparisons\_and\_a\_regional\_pas  
 Alturas\_de\_pastos\_de\_capim\_marandu\_na\_interface\_solo\_planta  
 Pastagens\_consortiadas\_estoque\_de\_carbono\_nitrogenio\_produtividade\_persistencia\_leguminosa  
 Changes\_in\_organic\_carbon\_stocks\_upon\_land\_use\_conversion\_in\_the\_Brazilian\_Cerrado\_A\_review  
 Soil\_Carbon\_Stocks\_under\_Productive\_and\_Degraded\_Brachiaria\_Pastures\_in\_the\_Brazilian\_Cerrado  
 Land\_occupation\_and\_transformation\_impacts\_of\_soybean\_production\_in\_Southern\_Amazonia\_Brazil  
 Dynamic\_emergy\_accounting\_of\_water\_and\_carbon\_ecosystem\_services\_A\_model\_to\_simulate\_the\_impa  
 Estoques\_de\_carbono\_e\_propriedades\_físicas\_de\_solos\_submetidos\_a\_diferentes\_sistemas\_de\_manejo  
 Do\_bocado\_ao\_pastoreio\_de\_precisão\_compreendendo\_a\_interface\_planta\_animal\_para\_explorar\_a\_multi  
 Soil\_carbon\_stocks\_and\_forest\_biomass\_following\_conversion\_of\_pasture\_to\_broadleaf\_and\_conifer\_plan  
 Comportamento\_de\_diferentes\_sistemas\_de\_manejo\_como\_fonte\_ou\_depósito\_de\_carbono\_em\_relacao\_a\_a  
 azil  
 Nutritional\_evaluation\_of\_Braquiarao\_grass\_in\_association\_with\_Aroeira\_trees\_in\_a\_silvopastoral\_system  
 Leguminosas\_arboreas\_para\_recuperação\_de\_áreas\_degradadas\_com\_pastagem\_em\_Conceicao\_de\_Macab  
 Estoque\_de\_carbono\_e\_nitrogenio\_e\_formas\_de\_nitrogenio\_mineral\_em\_um\_solo\_submetido\_a\_diferentes  
 Modelagem\_dos\_estoques\_de\_carbono\_do\_solo\_sob\_diferentes\_coberturas\_na\_região\_do\_cerrado  
 Dinamica\_de\_longo\_prazo\_do\_carbono\_do\_solo\_em\_sistemas\_de\_manejo\_no\_cerrado\_  
 mato\_grossense  
 Influencia\_de\_pastagens\_e\_sistemas\_de\_producao\_de\_graos\_no\_estoque\_de\_carbono\_e\_nitrogenio\_em\_um  
*Can\_Soil\_Organic\_Carbon\_Pools\_Indicate\_the\_Degradation\_Levels\_of\_Pastures\_in\_the\_Atlantic\_Forest\_B*  
*The\_Cerrado\_into\_pieces\_Habitat\_fragmentation\_as\_a\_function\_of\_landscape\_use\_in\_the\_savannas\_of\_ce*  
*Carbon\_and\_phosphorus\_stocks\_of\_clayey\_Ferralsols\_in\_Cerrado\_native\_and\_agroecosystems\_Brazil*  
*Qualidade\_química\_do\_solo\_e\_dinamica\_de\_carbono\_sob\_monocultivo\_e\_consortio\_de\_macauba\_e\_pasta*  
*Implementation\_of\_silvopastoral\_systems\_in\_Brazil\_with\_Eucalyptus\_urograndis\_and\_Brachiaria\_brizanth*  
*Changes\_in\_soil\_microbial\_biomass\_and\_activity\_in\_different\_Brazilian\_pastures*  
*Fertilidade\_e\_carbono\_total\_e\_oxidavel\_de\_Latossolo\_de\_Cerrado\_sob\_pastagem\_irrigada\_e\_de\_sequeiro*

*Effect\_of\_grassland\_management\_on\_soil\_carbon\_sequestration\_in\_Rondonia\_and\_Mato\_Grosso\_states\_B*  
*Capacidade\_de\_sequestro\_de\_co2\_em\_pastagens\_produtivas\_no\_bioma\_cerrado\_*  
*Soil\_biological\_attributes\_in\_pastures\_of\_different\_ages\_in\_a\_crop\_livestock\_integrated\_system\_*  
*Dependencia\_espacial\_em\_levantamentos\_do\_estoque\_de\_carbono\_em\_áreas\_de\_pastagens\_de\_Brachiaria*  
*Estoque\_de\_carbono\_em\_sistemas\_agrossilvo\_pastoril\_pastagem\_e\_eucalipto\_sob\_cultivo\_convencional\_n*  
*Indicadores\_biológicos\_da\_qualidade\_do\_solo\_em\_sistema\_agrossilvopastoril\_no\_noroeste\_do\_estado\_de*  
*Estimativa\_do\_Estoque\_de\_Carbono\_em\_Sistemas\_de\_Produção\_de\_Soja\_e\_Pastagem\_na\_Região\_Norte\_*  
*Seed\_longevity\_and\_seedling\_emergence\_rate\_of\_Urochloa\_decumbens\_as\_influenced\_by\_sowing\_depth\_*  
*Soil\_organic\_matter\_dynamics\_and\_land\_use\_change\_on\_Oxisols\_in\_the\_Cerrado\_Brazil*  
*Impacts\_of\_land\_use\_and\_land\_cover\_change\_on\_stream\_hydrochemistry\_in\_the\_Cerrado\_and\_Amazon\_*  
*Estoque\_de\_carbono\_em\_solos\_sob\_pastagens\_cultivadas\_na\_bacia\_hidrografica\_do\_Rio\_Paranaiba*  
*Soil\_organic\_matter\_dynamics\_in\_density\_and\_particle\_size\_fractions\_as\_revealed\_by\_the\_13Cr12C\_isot*  
*Assessing\_the\_extent\_and\_relative\_risk\_of\_aquatic\_stressors\_on\_stream\_macroinvertebrate\_assemblages\_i*  
*Changes\_in\_soil\_organic\_carbon\_during\_22\_years\_of\_pastures\_cropping\_or\_integrated\_crop\_livestock\_sy*  
*Degradation\_trends\_based\_on\_MODIS\_derived\_estimates\_of\_productivity\_and\_water\_use\_efficiency\_A\_c*  
*Effects\_of\_pig\_slurry\_application\_on\_the\_diversity\_and\_activity\_of\_soil\_biota\_in\_pasture\_areas*  
*Carbon\_storage\_in\_clayey\_Oxisol\_cultivated\_pastures\_in\_the\_Cerrado\_region\_Brazil*  
*Sequestro\_de\_carbono\_nos\_solos\_Avaliacao\_das\_potencialidades\_dos\_solos\_arenosos\_sob\_pastagens\_An*  
*Estoque\_de\_carbono\_em\_pastagens\_com\_diferentes\_sistemas\_de\_uso\_e\_manejo*  
*Sequestro\_e\_discriminacao\_isotopica\_de\_carbono\_em\_sistemas\_agrossilvipastoris*  
*Land\_use\_and\_climate\_change\_impacts\_on\_runoff\_and\_soil\_erosion\_at\_the\_hillslope\_scale\_in\_the\_Brazil*  
*Soil\_fertility\_status\_carbon\_and\_nitrogen\_stocks\_under\_cover\_crops\_and\_tillage\_regimes*  
*Comparacao\_do\_estoque\_de\_C\_estimado\_em\_pastagens\_e\_vegetacao\_nativa\_de\_Cerrado*  
*Soil\_carbon\_stocks\_under\_no\_tillage\_mulch\_based\_cropping\_systems\_in\_the\_Brazilian\_cerrado\_An\_on\_f*  
*Role\_of\_soil\_carbon\_in\_the\_landscape\_functioning\_of\_the\_Alto\_Sao\_Bartolomeu\_watershed\_in\_the\_Cerr*  
*Impacto\_da\_implantacao\_do\_sistema\_integracao\_lavoura\_pecuaria\_floresta\_em\_latossolo\_de\_Cerrado*

Journal	journal_impact_factor	qualis_capes	citation_number	issn
Soil_Science_Society_of_America_Journal	1.92	A2	32	0361-5995
Tropical_Grassland_Society_of_Australia	0.53	B1	53	0049-4763
Ecological_Economics_	3.82	A1	3	0921-8009
Forest_Ecology_and_Management	3.16	A1	15	0378-1127
Meat_Science	2.82	B1	21	0309-1740
Journal_of_Cleaner_Production	3.71	A1	10	0959-6526
Agricultural_Systems_	3.00	A1	14	0308-521X

Agricultural_Systems_	3.00	A1	3	0308-521X
Journal_of_Cleaner_Production	3.71	A1	47	0959-6526
Journal_of_Cleaner_Production	3.71	A1	1	0959-6526
Agricultural_Systems	3.00	A1	6	0308-521X
Revista_Ceres	0.21	B1	1	2177-3491
Pedobiologia	2.28	A2	71	0031-4056
Ecological_Economics_	3.82	A1	0	0921-8009
Land_Use_Policy	4.01	A1	0	0264-8377
Agriculture_Ecosystems_and_Environment	3.54	A1	19	0167-8809
Ecological_Modelling	2.57	A2	63	0304-3800
Biogeosciences	3.44	A2	0	1726-4170
Tese	NA	NA	2	NA
Tese	NA	NA	0	NA
Agriculture_Ecosystems_and_Environment	3.54	A1	105	0167-8809
Soil_Science_Society_of_America_Journal	1.92	A2	28	0361-5995
Journal_of_Cleaner_Production	3.71	A1	2	0959-6526
Ecological_Modelling	2.57	A2	31	0304-3800
Revista_Caatinga	0.26	B1	19	1983-2125
Revista_Brasileira_de_Zootecnia	0.18	B1	56	1806-9290
Forest_Ecology_and_Management	3.16	A1	13	0378-1127
Revista_Brasileira_de_Ciencia_do_Solo	0.42	B1	53	1806-9657
Global_Change_Biology	8.99	A1	13	1365-2486
Agroforestry_Systems	1.20	A1	25	0167-4366
Scientia_Forestalis	0.52	B1	4	1413-9324
Pesquisa_Agropecuaria_Brasileira	0.65	B1	87	0100-204X
Tese	NA	NA	0	NA
Tese	NA	NA	2	NA
Pesquisa_Agropecuaria_Brasileira	0.65	B1	25	0100-204X
Boletim_Embrapa	NA	NA	4	NA
Revista_Brasileira_de_Ciencia_do_Solo	0.42	B1	2	1806-9657
Biological_Conservation	4.29	A1	104	_0006-3207
Agriculture_Ecosystems_and_Environment	3.54	A1	18	0167-8809
Revista_Brasileira_de_Engenharia_Agricola_e_Ambient	0.62	A2	14	1807-1929
Agriculture_Ecosystems_and_Environment	3.54	A2	0	0167-8809
Spanish_Journal_of_Agricultural_Research_	0.81	B1	21	1695-971X_
Ciencia_Rural	0.34	A2	2	1678-4596
Geoderma	3.78	A1	1	0016-7061
Boletim_Embrapa	NA	NA	0	NA
Pesquisa_Agropecuaria_Brasileira	0.65	B1	13	0100-204X

Acta_Amazonica	0.77	B1	12	0044-5967
Ciencia_Agrotecnologia	0.38	B1	40	1981-1829
Ciencia_Agrotecnologia	0.38	B1	27	1981-1829
Boletim_Embrapa	NA	NA	0	NA
Grass_and_Forage_Science	1.57	A2	2	0142-5242
Geoderma_Regional	3.78	A1	0	2352-0094
Science_of_the_Total_Environment	4.42	A1	0	0048-9697
Sociedade_&_Natureza	0.13	A2	7	0103-1570
Geoderma	3.78	A1	33	0016-7061
Science_of_the_Total_Environment	4.42	A1	0	0048-9698
Nutrient_Cycling_in_Agroecosystems	1.67	A2	4	1385-1314
Remote_Sensing_Applications_Society_and_Environment	1.34	A1	0	2352-9385
Soil_Science	0.93	A2	15	1678-4596
Agriculture_Ecosystems_and_Environment	3.54	A1	22	0167-8809
Dissertacao	NA	NA	0	NA
Dissertacao	NA	NA	0	NA
Tese	NA	NA	0	NA
Science_of_the_Total_Environment	4.42	A1	3	0048-9697
Revista_Ciencia_Agronomica	0.62	B1	9	1806-6690
Sociedade_&_Natureza	0.13	A2	5	0103-1570
Soil_&_Tillage_Research	3.82	A1	58	0167-1987
Pesquisa_Agropecuaria_Brasileira	0.65	B1	0	0100-204X
Tese	NA	NA	0	NA
Revista_Ciencia_Agronomica	0.62	B1	0	1806-6690
Forest_Ecology_and_Management	3.16	A1	81	0378-1127
Pesquisa_Agropecuaria_Tropical	0.61	B1	15	1517-6398
Journal_of_Plant_Nutrition_and_Soil	2.03	A1	1	1436-8730
Australian_Journal_of_Crop_Science	1.02	B1	0	1835-2707
Pesquisa_Agropecuaria_Brasileira	0.65	B1	0	0100-204X
Agricultural_Systems	3.00	A1	48	0308-521X
Soil_Biology_&_Biochemistry	4.92	A1	141	0038-0717
Agriculture_Ecosystems_and_Environment	3.54	A1	82	0167-8809
PNAS	9.66	A1	124	1091-6490
Brazilian_Journal_of_Biology	0.56	B1	12	1519-6984
Biotropica	2.31	A1	47	0006-3606
Agroforestry_Systems	1.20	A1	8	0167-4366
Journal_of_applied_remote_sensing	1.06	B2	0	1931-3195
Archivos_de_Zootecnia	0.20	B1	0	1885-4494
Brazilian_Journal_of_Biology	0.56	B1	1	1519-6984

Revista_Brasileira_de_Ciencia_do_Solo	0.42	B1	31	1806-9657
Revista_Brasileira_de_Ciencias_Agrarias	0.09	B1	0	1981-1160
Agriculture_Ecosystems_and_Environment	3.54	A1	33	0167-8809
Journal_of_Agricultural_Science	1.08	B3	65	1806-9290
Tese	NA	NA	0	NA
Sociedade_&_Natureza	0.13	A2	3	0103-1570
European_Journal_of_Soil_Science_	3.51	A1	53	1351-0754
Nutrient_Cycling_in_Agroecosystems	1.67	A2	1	1385-1314
Journal_of_Geographic_Information_System	1.32	NA	58	2151-1969_
Annals_of_the_Brazilian_Academy_of_Sciences	1.10	B2	0	0001-3765
Ciencia_Florestal	0.43	A2	11	0103-9954
Boletim_Embrapa	NA	NA	0	NA
Plant_Soil_	3.42	A1	1	0032-079X
Biology_and_Fertility_Soils	3.80	A1	37	1432-0789
Journal_of_Cleaner_Production	3.71	A1	35	0959-6526
Journal_of_Cleaner_Production	3.71	A1	17	0959-6526
Current_Microbiology	1.37	A2	0	1432-0991
Grass_and_Forage_Science	1.57	A2	2	0142-5242

language	repository	eco_serv_supportin	eco_serv_regulatin	eco_serv_provision	eco_serv_cultural	ecosyst_study_cerr	ecosyst_study_pam	ecosyst_study_atlan	ecosyst_study_ama	ecosyst_study_caat	approaches_experi	approaches_catle_f	approaches_theoret	approaches_analysi	obs
English	Web_of_Science	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	
English	Web_of_Science	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	
English	Science_Direct	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	
English	Web_of_Science	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	
English	Web_of_Science	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	
English	Web_of_Science	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	
English	Web_of_Science	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	
English	Web_of_Science	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	
English	Web_of_Science	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	
English	Web_of_Science	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	
English	Web_of_Science	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	
Portugu	ResearchGate	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	
English	Web_of_Science	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	
English	Web_of_Science	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	

English Web_of_Science	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
English Web_of_Science	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
English Web_of_Science	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
English Web_of_Science	0	1	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0
Portugu Academic	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Portugu Academic	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
English Web_of_Science	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
English Web_of_Science	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
English Web_of_Science	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1
English Science_Direct	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1
Portugu Web_of_Science	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
Portugu Web_of_Science	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
English Web_of_Science	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
Portugu Web_of_Science	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
English Web_of_Science	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
English Web_of_Science	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Portugu Academic	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
Portugu ResearchGate	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
Portugu Academic	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
Portugu Academic	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Portugu ResearchGate	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Portugu Academic	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
English Web_of_Science	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
English Web_of_Science	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
English Web_of_Science	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
Portugu Web_of_Science	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
English Web_of_Science	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
English Web_of_Science	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
Portugu Academic	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
English Web_of_Science	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0
Portugu Academic	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
Portugu Web_of_Science	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
Portugu Academic	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
Portugu Academic	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
Portugu Academic	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
Portugu Academic	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
English Web_of_Science	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
English Web_of_Science	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
English Web_of_Science	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0

Portugu Academic	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
English Web_of_Science	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
English Science_Direct	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
English Web_of_Science	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
English Web_of_Science	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
English Web_of_Science	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
English Science_Direct	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Portugu Academic	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Portugu Academic	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Portugu Academic	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
English Web_of_Science	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
English Web_of_Science	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Portugu Academic	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
English Web_of_Science	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
English Web_of_Science	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
Portugu Academic	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Portugu Academic	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
English Web_of_Science	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Portugu Web_of_Science	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
English Web_of_Science	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
English Web_of_Science	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
English Web_of_Science	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
English Web_of_Science	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
English Web_of_Science	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0
English Web_of_Science	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	0
English Web_of_Science	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1
English Academic	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
English Academic	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
English Web_of_Science	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
English Web_of_Science	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Portugu Academic	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
English Science_Direct	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Portugu Academic	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Portugu Academic	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
English Science_Direct	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Portugu ResearchGate	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
Portugu Academic	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Portugu Academic	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
English Web_of_Science	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0

English	Web_of_Science	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
English	Web_of_Science	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
English	Academic	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
Portugu	Academic	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Portugu	Academic	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
English	Web_of_Science	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
English	Web_of_Science	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
English	Web_of_Science	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
English	Web_of_Science	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
English	Web_of_Science	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1
English	Web_of_Science	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0

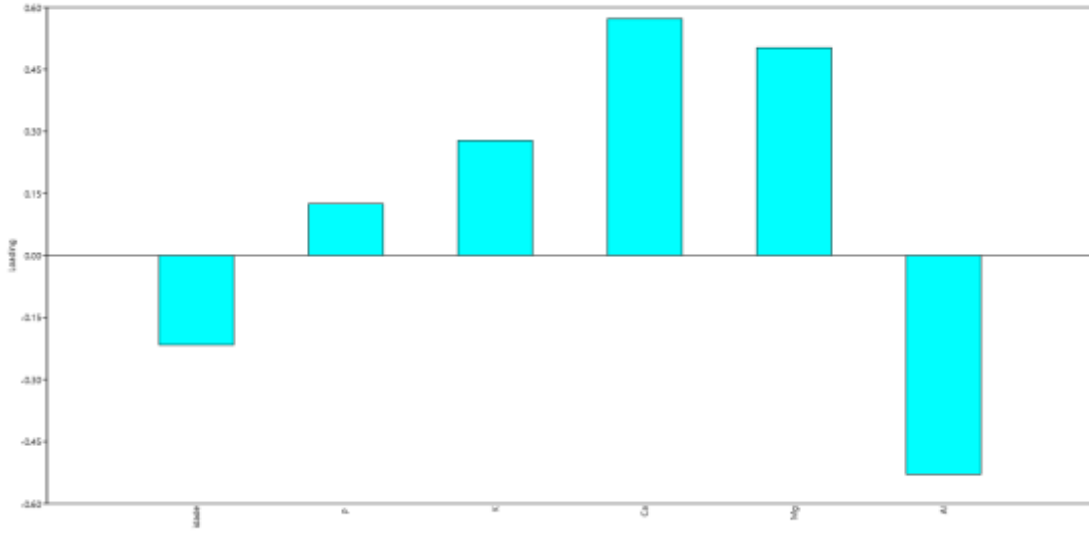
## 6.2 Apêndice 2

Propriedade	Raiz (Kg/m <sup>2</sup> )	Aérea(Kg/m <sup>2</sup> )	idade	Estoque Carbono (ton/ha)
Forte	2,6381	0,1779	30	32,22
PAJ	2,1867	0,3983	12	36,01
Vitória da União	3,275	0,371	20	75,18
Dois Córregos	3,3034	0,139	20	68,32
Jatobá	2,8218	0,6613	30	51,58
Rainha do Asfalto	1,7748	0,2651	2	39,73
Ajuricaba	1,2737	0,6473	20	36,42
Poço Fundo	1,1841	0,1335	40	17,99
Esperança	2,2139	1,3594	4	43,71
Marajó	1,7528	0,2831	20	46,18

### Análise de Componentes Principais

PC	Eigenvalue	% variance
1	2.49011	41.502
2	1.351	22.517
3	1.03143	17.191
4	0.792375	13.206
5	0.230041	3.834
6	0.10504	1.7507

	PC 1	PC 2	PC 3	PC 4	PC 5	PC 6		
A	-1.0366	0.58793		0.44115	-0.37036	-0.78398	-0.54728	
B	2.9948	-0.012504		1.3499	0.25084	0.42015	-0.29163	
C	0.96151		0.74492		0.77035	-0.89945	-0.22333	0.19933
D	1.449	-0.89082		-0.54862	1.5972	-0.41348	0.30868	
E	0.23879		2.064	-1.0065	-0.36656	0.53599	0.18156	
F	-0.68853		-1.9766	-0.23867		-0.31783	0.28554	-0.20293
G	-0.51777		-0.17537		0.35157	-0.54445	-0.56447	0.49157
H	-2.7078	0.78009		0.92895	1.4757	0.34448	-0.0011465	
I	-1.0438	-1.2783	0.028906		-0.92314	0.49334	0.15505	
J	0.35034		0.15666		-2.077	0.098059	-0.094225	-0.2932



## 6.3 Apêndice 3

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS / INSTITUTO DE ESTUDOS SÓCIOAMBIENTAIS/LAPIG							
Identificação da Propriedade e Entrevistado							
Data:	Entrevistador:			Município:			
Nome Propriedade:				Idade da propriedade:		Tamanho (ha):	
Proprietário:				Entrevistado (proprietário/gerente)			
Contato:		Coordenadas GPS (sede da propriedade):				Long	Lat
Perfil socioeconômico do entrevistado							
1. Proprietário reside na propriedade?	Não (Quanto tempo passa na mesma por mês?)					Sim (há quanto tempo?)	
2. O entrevistado possui filhos?		Quantos em cada faixa etária?	zero a 04 anos	de 5 a 9 anos	10 a 14 anos	15 a 19 anos	
3. Filhos com idade igual ou superior a 6 anos estão na escola? Sim ou Não	Tem filho que estuda em área correlata a atividade da propriedade? Qual Curso (técnico/superior)?						
4. Qual o grau de escolaridade do entrevistado?	Sem escolaridade	Ensino fundamental		Médio/Técnico		Superior	
5. Estado civil?	Marital		Solteiro		Casado		Divorciado
6. Renda familiar?	0,5 a 1 sm		1 a 3 sm		5 a 10 sm		acim

7. Vive exclusivamente da atividade agropecuária?	Sim		Não		Se não, qual a outra atividade?		
8. Acesso à terra	Proprietário		Assentamento	Arrendamento	Outro (Qual?)		
	Herança	Aquisição					
	Houve redução/expansão da área? (quantos ha)?						
9. O proprietário está vinculado?	INSS	Sindicato	FAEG	Cooperativa	Outro (qual)		
10. Tipo(s) de atividade desenvolvida na propriedade? (Se gado de corte e leite definir em percentagem o total do rebanho)	Gado de Corte	Gado de Leite	Lavoura (Qual?)		Faz consorciamento de pasto e lavoura? Planta lavoura e capim juntos)	Faz Integração Lavoura-Pecuária	
11. Há Quanto tempo trabalha com a atividade pecuária?	< de 2 anos		Entre 2 a 4 anos		Entre 05 até 08 anos		
12. Tem empregados permanentes na propriedade?	Não	Sim. Quantos?	Contrata empregados temporários?			Não	S
13. Tem mão de obra familiar trabalhando na fazenda?	Não	Sim. Quantos?	Se sim trabalha com		Pecuária	Lavoura	
14. Possui? (Sim ou Não)	TV	Antena Parabólica	Computador	Carro (passeio ou utilitário)		Tem internet?	Quantas h
<b>Caracterização do sistema de produção</b>							
15. Trabalha com quais fases do	Cria		Recria			Engorda	

ciclo de produção de bovinos?							
16. Qual raça do gado? <b>CORTE</b>	Nelore		Angus		Brahman		outra (qual)?
	LEITE	Holandesa	Gir		Guzerá		outra (qual)?
17. Qual o motivo da escolha da raça utilizada?	Tradição (família/região)	Orientação técnica	Custos com manutenção		Produtividade	Por solicitação de frigorífico	
18. Categoria de gado no pasto Quantidade de cabeças	Faz rastreabilidade ou ficha de controle de animais		Vacas solteiras	Vacas com Bezerros	Bezerros e garrotes	Bezerras e Novilhas	Bois
	Peso (kg) médio por categoria de animais						
19. Idade de desmame		Peso (kg) ao desmame			Idade de abate:		Idade p
20. Trabalha com Estação de Monta? (Sim ou Não)		Caso positivo com qual frequência?			Trabalha com Inseminção		
21. Recebe assistência técnica?	Não	Eventual	Regular	Quem/qual profissional presta assistência?	Sindicato	FAEG	EMATER
22. Participa de algum programa de financiamento do governo?		Se Custeio, Qual Valor?			Comprou o quê?		
		Se Investimento, Qual valor?			Comprou o quê?		
23. Alimentação do gado na seca	Pasto + sal mineral	Pasto + sal mineral + uréia		Pasto + mistura múltipla (sal mineral+ureia+concentrado)			
				menos de 1/2 kg (por cabeça/dia)		de 1/2 a 1kg e 1/2 (por cabeça/dia)	
	Falta forragem na seca? Em geral por quanto tempo? (gado perde peso? Por quantos meses?)						

24. Faz silagem?	Faz	Quantas ensiladeiras?	Tipo de forrageira (milho, sorgo, cana, soja)				
25. Suplementa o gado nas águas? Qual a quantidade?			Confina a pasto na seca (semiconfinamento)? (sim ou não?)				
26. produção comercializada diretamente com?	A é	Frigorífico (qual?)	Laticínio (qual?)	Intermediários	Direto com (açougue, super		
27. Produção de Leite (litros/dias)(média no ano)	Qtde. de vacas ordenhadas/dia						
28. Tem ordenha mecânica? (Sim ou Não)	Qual Modelo?	Balde ao pé	Circuito fechado (fosso)	Tem tanque (qual capacidade)			
29. Condições de Infraestrutura	Estado de Conservação: Péssimo ( P ) Regular ( R ) Bom ( B ) Excelente ( E ) ou Não possui ( NP )						
	Casa sede	Casa empregados	Curral	Brete/Tronco de contenção	Balança	Casa de ordenha	Depósitos
30. Usa Trator? (se Sim - alugado ou próprio??)	quantas horas/ano de trabalho do trator?)			Qual é a potência do trator (65?75?85?90..)			
31. Usa implementos agrícolas? (Se sim - alugado ou próprio)	Roçadeira	Preparo(grade, arado, subsolador)	Distribuidora de calcário e/ou adubadeira				
32. Para aumentar a produtividade voce considera importante?	1 (não tem importância)		2 (pouco importante)		3 (importante)		4 (muito importante)
Crédito							

Assistência Técnica							
Incentivo de mercado (preços de insumo e de venda de produto)							
mudança de legislação							
33. Como o Sr. Avalia a situação dos pastos da propriedade? (distribua em percentagem)	Muito Ruim	Ruim	Regular	Bom	Muito Bom	Excelente	
34. Quais fatores desestimulam a investir em melhor qualidade do pasto?	Marque os três principais fatores que o produtor julgar mais importante						
Preços alto do adubo e calcário							
Baixo preço da arroba do boi							
Difícil acesso ao crédito público							
Falta orientação técnica							
No caso dessa fazenda sai mais barato abrir novos pastos							
Arrendar pasto é mais barato do que recuperar os pastos da propriedade							
35. Em relação à frase seguinte avalie o quanto o senhor concorda ou não:	"Os pastos em condições ruins representam perda de oportunidade de ganhar dinheiro"? (só uma resposta)						
	Discordo Totalmente		Discordo parcialmente		Concordo totalmente		Concordo parcialmente

Caracterização Manejo pasto/propriedade						
Data da coleta:		/ /		Parada/Ponto:		
Horário:				Trecho/Município:		
Latitude do pasto:				Propriedade:		
Longitude do pasto:				Tamanho do pasto (ha)		
36. Qual Manejo Utiliza para o Solo?	Faz uso de curva de nível? (Sim ou Não)		Realiza exame em laboratório de fertilidade do solo? (Sim ou Não)			Usa gra niveladora?
	Outra forma de manejo para o solo (qual?)					
37. Realiza exame em laboratório para nutrientes das plantas, quais? (Sim ou Não)						
Usa de roçada		Usa de calcário		Usa de adubos(fertilizantes)		
Manual	Mecânica	Não	SIM (qual área (ha)?)		Não	SIM (qual área?)
						Não
38. Qual frequência da aplicação deste manejo						
39. Plantio de semente	Manual?		Mecanizada?			
40. Quantos hectares de área de preservação permanente (mata ciliar tem?)			Quantos hectares de reserva legal?			
41. Propriedade possui quantas fontes de água?	Cursos d'água?		Nascentes?		Área de veredas?	
42. A água é disponibilizada ao gado por meio de:	rio/córrego	represa/caçimba	bebedouro	outro (Qual?)		
43. Qual situação ambiental que prejudica a produção? (falta água?) (pasto suja muito?)						
44. Topografia (Distribuição percentual do tipo de topografia)			46. Fertilidade do solo(visão do proprietário em %)		47. Usa fogo para fa	

Plano			baixa fertilidade		lavoura	pasto
Pouco inclinado			média fertilidade			
Muito inclinado			boa fertilidade			
45. Quando o pasto foi formado ou reformado com qual espécie?						
46. Tipo de Capim (distribuição percentual do tipo de capim na propriedade)						
<i>Brachiaria</i>			<i>Panicum Maximum</i>			
<i>B. brizantha (braquiarião)</i>			Colonião		<i>Andropogon</i>	
<i>B. decubens (braquiarinha)</i>			Tanzânia		<i>Cynodon</i>	
<i>B. humidicola (quicuia)</i>			Massai		Nativas	
<i>B. ruziensis</i>			Mombaça			
			Aruaná			
47. Qual parâmetro para colocar o gado do pasto? (especificar a resposta com a altura e a cor)	Altura do capim? (cm)		Cor do capim?		Outro(qual?)	
48. Qual parâmetro para retirar o gado do pasto? (especificar a resposta com a altura e a cor)	Altura do capim? (cm)		Cor do capim?		Outro(qual?)	
49. Solo Exposto? (distribuição % de presença de solo exposto)	Não há:		Baixa:		Média:	Alta:
50. Condição atual das pastagens:						

Sem gado, a entrar em pastejo					
Com gado em pastejo					
Em pós pastejo, com sinais de consumo recente					
<b>51. Homogeneidade do Pasto</b>		<b>52. Volume da Biomassa</b>			<b>53. Processo Erosivo</b>
Baixa		Baixa		Sim/leve	
Média		Média		Sim/moderado à grave	
Alta		Alta		Não	
<b>54. Tipos de Invasoras: (distribuição percentual da presença de invasoras no pasto)</b>		<b>55. sistema:</b>			
Arbustiva ( exemplo: )		Rotativo		Idade do pasto:	
Semi-arbustiva ( exemplo: )		Extensivo		Qtde. de piquetes:	
Herbáceas ( exemplo: )				Período Rotativo:	
				Altura do Capim:	
<b>56. Vias de acesso</b>					
Rodovia:					
Pavimentação	( )	Asfalto	( )	Terra	
Acostamento	( )	Adequado	( )	inadequado	( ) Inexistente
Sinalização	( )	Completa	( )	incompleta	( ) Inexistente
Qualidade	( )	Ruim	( )	Boa	( ) Razoável
Observações:					