

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

ALINE GOMES GOULART

**MODELO DE SISTEMA AGROFLORESTAL COMO ALTERNATIVA DE USO DO
SOLO EM ÁREAS EM PROCESSO DE ARENIZAÇÃO EM SÃO FRANCISCO DE
ASSIS - RS**

Porto Alegre
2019

ALINE GOMES GOULART

**MODELO DE SISTEMA AGROFLORESTAL COMO ALTERNATIVA DE USO DO
SOLO EM ÁREAS EM PROCESSO DE ARENIZAÇÃO EM SÃO FRANCISCO DE
ASSIS - RS**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Ulisses Franz Bremer

Porto Alegre
2019

CIP - Catalogação na Publicação

Goulart, Aline Gomes

Modelo de sistema agroflorestal como alternativa de uso do solo em áreas em processo de arenização em São Francisco de Assis - RS / Aline Gomes Goulart. -- 2019.

100 f.

Orientador: Ulisses Franz Bremer.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Porto Alegre, BR-RS, 2019.

1. Agrofloresta. 2. Recuperação de áreas degradadas. 3. Conservação do solo. 4. Arenização. I. Bremer, Ulisses Franz, orient. II. Título.

ALINE GOMES GOULART

MODELO DE SISTEMA AGROFLORESTAL COMO ALTERNATIVA DE USO DO SOLO EM ÁREAS EM PROCESSO DE ARENIZAÇÃO EM SÃO FRANCISCO DE ASSIS - RS

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Ulisses Franz Bremer

Aprovada em ___ de _____ de 2019.

Banca Examinadora

Prof. Dr. Ulisses Franz Bremer – Departamento de Geografia - UFRGS - Orientador

Eng. Agr^a Dr^a. Carmem Lucas Vieira - Orgânica's (MEI)

Prof. Dr. Roberto Verдум – Departamento de Geografia - UFRGS

Prof.^a Dr^a Michele Lindner – Departamento de Geografia - UFRGS

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu companheiro Eduardo Casagrande, por todo apoio, cuidado e ajuda efetiva na construção desse trabalho. Sou muito grata pelo amor e por acreditar em mim, sempre me fortalecendo.

Agradeço à minha mãe Simone Pereira Gomes, por todo amor, apoio e motivação.

Agradeço minha família pelo carinho e confiança, em especial minha irmã Amanda Gomes Goulart, meu sobrinho Miguel Gomes Fonseca e minha “mãe 2” Diana Duarte.

Agradeço à minha amiga e “mana” Carmem Lucas Vieira. Serei eternamente grata por todos os ensinamentos, amizade e estímulo, sempre me encorajando nos momentos difíceis da vida acadêmica!

Agradeço minha querida amiga Rejane Santos, pelo carinho, amizade e por sempre me emanar energias poderosas!

Agradeço ao amigo e colega de profissão Emilio Luis Silva dos Santos, pelas “conversas metodológicas”, essenciais para a construção do trabalho.

Agradeço ao amigo e colega de profissão Jean Gessi Caneppele, pelo auxílio na construção do trabalho e pela motivação.

Agradeço ao Núcleo de Apoio ao Estudante – UFRGS, em especial o Felipe, pela ajuda numa fase bem difícil da pós-graduação.

Agradeço aos colegas do Centro Estadual de Vigilância em Saúde, Paulo Abbad e Laisa Zatti, pela parceria e paciência.

Agradeço ao professor Roberto Verdum, pelo auxílio e acolhimento de sempre.

Agradeço à professora Michele Lindner pelas contribuições para a finalização desse trabalho.

Agradeço ao professor Ulisses Franz Bremer, por ter aceito ser meu orientador.

A todas e todos que não estão registrados aqui, mas que de alguma forma contribuíram para que esse momento enfim se realize, meus sinceros agradecimentos!

RESUMO

Verifica-se em algumas áreas do município de São Francisco de Assis, situações de degradação causadas por processos erosivos condicionados por fatores naturais e antrópicos, correspondentes ao inadequado uso e/ou planejamento do uso do solo. Propor um modelo de sistema agroflorestal (SAF) adequado para o contexto de arenização observado no município, utilizando espécies nativas e exóticas com melhor cobertura do solo e com enfoque na busca pela redução da erosão, configurou-se como tema central deste trabalho. Como recorte espacial foi selecionada uma propriedade rural familiar de 42 ha. Os procedimentos metodológicos utilizados foram a pesquisa bibliográfica, observação em campo e por imagens de satélite, mapeamento de uso e ocupação da terra e entrevistas com atores da comunidade. Do ponto de vista desse estudo, verificou-se que se trata de uma área degradada que sofre grande influência do uso, com constante pisoteio do gado. Após a verificação de diferentes padrões de cobertura do solo, procedeu-se à escolha da localização de implantação (área de transição) do SAF, à análise modelos de SAF e de espécies vegetais. O primeiro modelo constitui-se de sistema em faixas, estabelecido em 3 fases: A primeira fase constitui-se de implantação de espécies vegetais para aporte de biomassa, como tremoço (*Lupinus albus*), guandu (*Cajanus cajan*), aveia-preta (*Avena strigosa*) e azevém (*Lolium multiflorum*). A segunda fase, plantação de espécies vegetais arbóreas, como eucalipto (*Eucalyptus sp.*), aroeira vermelha (*Schinus terebinthifolius*) e capim vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) nas bordas do SAF, citrus e mirtácea, com espaçamento entre as linhas de 3 metros. A terceira fase engloba cultivos, como melancia, mandioca, abacaxi e abóbora nas entrelinhas com 1,5 metros de distância. O segundo modelo trata-se de um sistema silvipastoril, implantação de espécies arbóreas em linhas centrais de leste a oeste, com distanciamento de 40 metros; distância entre linhas centrais de plantio de 3 metros e espaçamento entre plantas de 1,5 metros, facilitando a passagem da luz solar e o crescimento de espécies vegetais nativas. As espécies arbóreas recomendadas são eucalipto (*Eucalyptus sp.*) e aroeira vermelha (*Schinus terebinthifolius*). A metodologia utilizada mostrou-se adequada para a elaboração do *design* agroflorestal aqui proposto, podendo contribuir para estudos posteriores mais detalhados onde este modelo de SAF possa ser testado.

Palavras-chave: Agrofloresta. Recuperação de áreas degradadas. Conservação do solo

ABSTRACT

In some areas of the municipality of São Francisco de Assis, degradation situations caused by erosive processes conditioned by natural and anthropogenic factors, corresponding to improper use and / or land use planning. Proposing a model of agroforestry system (SAF) suitable for the context of sanding observed in the municipality, using native and exotic species with better soil cover and focusing on the search for erosion reduction, was a central theme of this work. As a spatial cut, a family farm of 42 ha was selected. The methodological procedures used were bibliographic research, field and satellite observation, land use and occupation mapping and interviews with community actors. From the point of view of this study, it was found that it is a degraded area that is greatly influenced by its use, with constant cattle trampling. After checking different soil cover patterns, the location of the SAF (transition area) location was chosen, and the SAF and plant species models were analyzed. The first model consists of a band system, established in 3 phases: The first phase consists of the implantation of plant species for biomass input, such as lupine (*Lupinus albescens*), guandu (*Cajanus cajan*), black oats (*Avena strigosa*) and ryegrass (*Lolium multiflorum*). The second phase, plantation of tree species such as eucalyptus (*Eucalyptus* sp.), Red mastic (*Schinus terebinthifolius*) and vetiver grass (*Chrysopogon zizanioides*) at the edges of the SAF, citrus and mirtaceous, with spacing between 3 meters. The third phase encompasses crops such as watermelon, cassava, pineapple and squash between rows 1.5 meters apart. The second model is a silvopastoral system, implantation of tree species in central lines from east to west, with a distance of 40 meters; distance between 3-meter planting centerlines and 1.5-meter spacing between plants, facilitating the passage of sunlight and the growth of native plant species. Recommended tree species are eucalyptus (*Eucalyptus* sp.) And red mastic (*Schinus terebinthifolius*). The methodology used proved to be adequate for the elaboration of the agroforestry design proposed here and may contribute to further detailed studies where this FAS model can be tested.

Keywords: Agroforestry. Land reclamation. Soil conservation.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Classes do uso e ocupação da terra. Elaborado pela autora (2019).....	69
Quadro 2: Critérios básicos de classificação proposto por Nair (1993) e Ferreira (2014).	75

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de localização da propriedade. elaborada pela autora (2019) sobre imagem extraída do software Google Earth.	19
Figura 2: Mapa da delimitação da propriedade. Adaptado de Goulart (2016). Elaborado pela autora (2019).	20
Figura 3: Mapa dos municípios com foco de arenização. Fonte: Canepelle, 2017.	23
Figura 4: Perfil esquemático com a compartimentação geomorfológica da área de estudo, em detalhe. Elaborado por Dal Piva, F. (2015).	30
Figura 5: Perfil longitudinal e pontos de coleta de amostra de solo. Adaptado de Goulart (2016).	34
Figura 6: Mapa da localização das coletas de solo. Elaborado pela autora (2019).	35
Figura 7: Frações granulométricas a partir de análises realizadas no CECO/UFRGS. Elaborado por C.L. Vieira (2016).	35
Figura 8: Mapa litológico da área de estudo. Elaborado por F. Dal Piva, 2015.	37
Figura 9: Espécies vegetais presentes na área de estudo. a) <i>Oxalis</i> sp.; b) <i>Herbetia lahue</i> (Molina) Goldblatt; c) <i>Portulaca</i> sp.; d) <i>Solanum hasslerianum</i> Chodat. Autoria: Carmem Lucas Vieira, 2015.	43
Figura 10: Produção do município de São Francisco de Assis no período de 1 de outubro de 2016 a 30 de setembro de 2017. Fonte: Censo Agropecuário 2017 - IBGE	46
Figura 11: Produção pecuária do município de São Francisco de Assis no período de 1 de outubro de 2016 a 30 de setembro de 2017. Fonte: Censo Agropecuário 2017 - IBGE	47
Figura 12: Sistemas Silvopastoril e Agrossilvipastoril (acima) e Sistemas Agroflorestais em faixa e mandala (abaixo).	51
Figura 13: Classes de uso e ocupação da terra. A) Apicultura. B) Casa. C) Concreção Ferruginosa. D) Curso de Água, Depósitos Arenosos, Talude com ravina, Margem do curso de água. E) Estrada. F) Focos de Arenização. G) Plantação - Milho/Mandioca. H) Plantação. I) Ravina. J) Silvicultura. L) Campo Nativo. M) Área de Reduzida Biomassa. N) Árvore Frutífera. Elaborado pela autora, 2019.	64
Figura 14: Mapeamento de uso e ocupação da terra. Elaborado pela autora (2019).	68
Figura 15: Concreção ferruginosa próxima à sede. VIEIRA, C.L. (2016).	70
Figura 16: Área com vegetação esparsa e manchas de solo exposto. Autora (2016).	70
Figura 17: Processos erosivos acentuados do tipo ravina. Autora (2016).	71
Figura 18: Depósitos fluviais na margem do curso d'água. Autora (2016).	72
Figura 19: Talude com processo de ravinamento. Autora (2016).	72
Figura 20: esquema representando a área e o espaçamento das culturas no modelo de SAF. Autora (2019).	77
Figura 21: esquema representando modelo silvipastoril. Autora, 2019.	78
Figura 22: Modelo 1 SAF: Primeira fase. Elaborado pela autora (2019).	81
Figura 23: Experimento com plantio de capim vetiver (ao fundo) na propriedade em estudo. VIEIRA, C.L. (2016).	82
Figura 24: Modelo 1 SAF: Segunda fase. Elaborado pela autora (2019).	84
Figura 25: Modelo 1 SAF: Terceira fase. Elaborado pela autora (2019).	85
Figura 26: Lista das espécies vegetais dos campos com arenização no Sudoeste do RS. Adaptado de Freitas et al. (2009) e Freitas (2010). *Coloração amarela corresponde às espécies encontradas na área de estudo.	88

Figura 27: Modelo 2: Silvipastoril. Elaborado pela autora (2019).....	89
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

EMATER Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural

EMBRAPA Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

GPS Global Positioning System

JPEG Joint Photographics Experts Group

SAF Sistema Agroflorestal

TIFF Tagged Image File Format

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	14
1.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS SOBRE O PROBLEMA PESQUISADO.....	14
1.2. OBJETIVOS.....	15
1.2.1. Objetivo Geral	16
1.2.2. Objetivos Específicos.....	16
1.3. JUSTIFICATIVA	16
1.4. RECORTE ESPACIAL DA PESQUISA	17
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	21
2.1. ARENIZAÇÃO	21
2.2. CONDICIONANTES REGIONAIS	22
2.2.1. Litologia.....	22
2.2.2. Clima.....	25
2.2.2.1 Regime pluviométrico e dinâmica fluvial local.....	26
2.2.3. Geomorfologia.....	27
2.2.3.1 Relevo da área de estudo	28
2.2.4. Pedologia	31
2.2.4.1 Pedologia na propriedade rural estudada.....	33
2.2.5. Cobertura vegetal	39
2.2.5.1 Cobertura vegetal na propriedade rural	41
2.2.6. Uso do solo e ocupação do espaço	43
3. SISTEMAS AGROFLORESTAIS.....	48
3.1. SISTEMAS AGROFLORESTAIS COMO ALTERNATIVA PARA RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS	57
4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	61
4.1. PESQUISA BIBLIOGRÁFICA	62
4.2. MAPEAMENTO DE USO E OCUPAÇÃO DA TERRA	63
4.3. ENTREVISTAS	65
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	66

5.1. CARACTERÍSTICAS INTRÍNSECAS, USO E OCUPAÇÃO DA TERRA COMO SUBSÍDIO PARA A RECOMENDAÇÃO	66
5.2. SISTEMAS AGROFLORESTAIS EM AREAIS DE SÃO FRANCISCO DE ASSIS	75
5.2.1. Proposição de modelos de SAF na propriedade rural estudada	76
5.2.2. Recomendação de espécies vegetais	78
6. CONCLUSÕES	90
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	92
APÊNDICE A	99

1. INTRODUÇÃO

1.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS SOBRE O PROBLEMA PESQUISADO

No sudoeste do Rio Grande do Sul há a ocorrência do processo de arenização, que tem sua origem condicionada por fatores naturais, ou seja, condições desfavoráveis que tornam o meio suscetível a processos erosivos, e também por fatores edáficos, correspondentes ao inadequado uso e/ou planejamento do solo. Verifica-se, nas áreas do município de São Francisco de Assis, situações de degradação causadas por processos erosivos de origem hídrica, como sulcos, ravinas e voçorocas, e eólica.

Através dos estudos conduzidos em areais no município de Quaraí, Suertegaray (1987, p. 112) definiu arenização como o retrabalhamento dos depósitos arenosos pouco ou nada consolidados, que promove uma dificuldade de fixação da vegetação nas áreas de ocorrência, devido à constante mobilidade dos sedimentos. Este estudo, entre outros, corroborou o entendimento do retrabalhamento dos depósitos arenosos ocorrer devido a um conjunto de fatores naturais, como o substrato rochoso, o clima, o relevo, a vegetação, e o solo.

Além disso, o uso inadequado e a falta de preservação e de conservação dos ecossistemas tem como consequência a perda de solos e da vegetação nativa. Para a área do bioma Pampa, segundo dados do Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2017) para o ano de 2008, estima-se que restam apenas 36,03% da sua vegetação nativa. Além disso, muitas espécies pertencentes a este bioma encontram-se em extinção ou ameaçadas de extinção. Nesse contexto de inadequado manejo, acentua-se a pressão que os modelos agrícolas exercem sobre os ecossistemas do Pampa.

No caso da arenização, o manejo inadequado sobre as áreas suscetíveis, através do super pastoreio e da utilização de maquinário pesado gera novos focos, ou agrava os já existentes. Nesse sentido, a problemática selecionada para este estudo surgiu a partir da seguinte indagação: - Existem alternativas capazes de suprir a demanda econômica para propriedades rurais na região, que sejam favoráveis às condições naturais desse meio?

Buscando responder a essa questão, surgiu a hipótese de que é possível propor um modelo de sistemas agroflorestal adequado para o contexto de arenização no município de São Francisco de Assis – RS. Além disso, supõe-se que a utilização de diferentes espécies nativas e exóticas, as

quais estão adaptadas às condições do meio, poderá proporcionar um melhor aproveitamento do solo, reduzindo ou até mesmo estabilizando as perdas pelo fluxo concentrado de água da chuva.

Os Sistemas Agroflorestais (SAFs), que podem ser entendidos como sistemas de produção que tem como premissa o respeito às dinâmicas da natureza, através do consórcio diversificado no espaço-tempo de espécies vegetais. Vivan (1998) em “Agricultura e Florestas: Princípios de uma Interação Vital” nos apresenta os princípios do método utilizado por Ernst Götsch na aplicação de sistemas de manejo florestal. O autor salienta que para se fazer transferência de tecnologias é importante conhecer a realidade local a partir de um diagnóstico participativo, levando em consideração as interações entre o cultural, econômico, social e ambiental. Esse diagnóstico, segundo o autor, é crucial para traçar as estratégias para a transformação em cada situação e ambiente.

Sobre o aspecto econômico, Brancalion *et al.* (2015) ressaltam, em seu livro sobre restauração de florestas, que o cuidado com a conservação e a recuperação de ecossistemas nativos deverá representar um importante diferencial econômico para instituições e proprietários no século XXI, pois quanto maiores os danos à diversidade biológica, menor será a provisão e a qualidade dos bens e serviços ecossistêmicos e, por conseguinte, diminuição da qualidade de vida e do potencial produtivo e econômico.

Assim, este estudo está pautado no entendimento de que é importante pensar em alternativas econômicas para as propriedades rurais, a partir da realidade local, conhecendo os fatores que condicionam a situação atual, e os aspectos social e cultural, ou seja, o conhecimento dos produtores.

Para a escolha da área de estudo foi considerada a importância da propriedade em relação aos condicionantes do meio, como processos erosivos atuantes, dinâmica fluvial intensa, diferentes padrões de vegetação e afloramentos rochosos. Por esse motivo, muitos estudos sobre a temática da Arenização têm sido realizados na região, em especial nesta propriedade. Além disso, um fator muito importante para a escolha foi a facilidade de diálogo com a proprietária, que facilita também o acesso dos estudantes e professores, e também pela possibilidade de dar continuidade a uma pesquisa da autora desta dissertação realizado na área (Goulart, 2016).

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo geral propor um modelo de recuperação para as áreas em processo de arenização de uma propriedade localizada no município de São Francisco de Assis – RS, com base nos princípios da Agrofloresta, dando prioridade para espécies vegetais nativas do bioma Pampa em sua composição e exóticas com adaptação e controle em sua dispersão no meio.

1.2.2. Objetivos Específicos

Para atingir o objetivo geral, o trabalho possui os objetivos específicos elencados abaixo, que serviram de base para a estruturação dos procedimentos metodológicos:

1. Definir espécies vegetais mais adequadas para compor um modelo de sistema agroflorestal no contexto de arenização no município de São Francisco de Assis - RS;
2. Definir modelos específicos de sistemas agroflorestais e sua pertinência para a recuperação de áreas em processo de arenização no bioma Pampa;
3. Analisar a possibilidade de adoção da proposta de utilização de sistemas agroflorestais pela comunidade.

1.3. JUSTIFICATIVA

Ao longo dos anos, desde a década de 1970, muitas pesquisas e práticas têm sido realizadas na região, com o intuito de barrar ou minimizar os processos erosivos e a arenização. Essas técnicas baseavam-se na contenção do agente eólico, e a reconstituição dos solos arenizados com espécies nativas, como o tremoço *Lupinus albus* Hook. & Arn. (ROVEDDER, 2007).

Mais tarde, com o entendimento de que os sedimentos arenosos são primeiramente disponibilizados para movimentação eólica após terem sido desagregados, transportados e depositados a jusante das ravinas pela ação de escoamentos concentrados (SUERTEGARAY, 1987 e 1995; VERDUM, 1997; VERDUM e BASSO, 2000), estudos foram realizados, como a recuperação de áreas degradadas através de barreiras tipo quebra-ventos e plantio de butiá-anão (*Butia lallemantii* Debie & Marchiori), espécie nativa, para o controle de erosão hídrica (SUERTEGARAY, 1987; 1992; 1994 e 1995). Vieira *et al.* (2016) executa experimentos em sua

pesquisa com base na implantação de espécies nativas e exóticas, partindo dos pontos de aprofundamento dos sulcos e seguindo ao longo da ravina, ou seja, a partir do ponto de origem dos processos erosivos causados pela ação da água. Essas informações demonstram que há esforços na tentativa de entender as dinâmicas dos processos morfológicos e também em buscar alternativas visando minimizar os impactos decorrentes dos mesmos.

Este trabalho se justifica por trazer uma alternativa para a contenção dos processos erosivos e a perda de solo, além de propor uma técnica que possibilite a melhor agregação das partículas minerais, aumento nos teores de nutrientes e dificuldade na lixiviação destes, permitindo incrementar o potencial de uso das espécies nativas do bioma Pampa.

Por apresentarem vantagens quanto à fertilidade dos solos, devido ao consórcio de diferentes espécies que propiciam o fornecimento de adubação verde, os Sistemas Agroflorestais possibilitam minimizar os riscos de degradação do solo e favorecem a otimização da produtividade. Dessa forma, no caso das áreas com ocorrência dos processos de arenização, essa alternativa pode representar melhorias no aspecto econômico e social. Além disso, o uso de espécies vegetais nativas do bioma Pampa poderá dar suporte para a valorização da biodiversidade regional e local (BARBIERI *et al.*, 2012).

1.4. RECORTE ESPACIAL DA PESQUISA

Para o desenvolvimento desta pesquisa foi selecionada uma pequena propriedade rural familiar (INCRA, 2013), com 42 ha área total, localizada no município de São Francisco de Assis/RS - Figura 1. A área está inserida na unidade morfoescultural da Depressão Periférica, incluindo a unidade Planalto Meridional ao Norte (SUERTEGARAY e FUJIMOTO, 2004). Está situada na Bacia Hidrográfica do Arroio Miracatu, na seção denominada Sanga da Areia, sendo estes tributários do Rio Ibicuí.

Em um estudo a respeito da influência sobre os elementos do meio e da morfodinâmica para a ocorrência de processos erosivos, Goulart *et al.* (2016), com base na metodologia de Tricart (1977), classificaram a respectiva propriedade em três porções distintas, sendo elas: 1. Área com cobertura vegetal nativa; 2. Área de transição; 3. Perímetro erosivo - Figura 2. Para esta classificação foram utilizados critérios como cobertura de solo, declividade do terreno,

presença de vegetação, processos erosivos e núcleos de arenização. Foi demonstrado que aproximadamente 40% da sua área total encontrava-se afetada por processos erosivos.

A área de campo nativo apresenta cobertura vegetal preservada e densa em determinadas épocas do ano, desenvolvida sobre relevo predominantemente suave-ondulado. Na área de transição ocorre uma progressiva rarefação da vegetação, apresentando núcleos de arenização e erosão laminar após eventos de chuva. É possível observar que em alguns pontos os padrões de cobertura vegetal variam conforme as ondulações e as variações no terreno. No perímetro erosivo, a jusante da propriedade, pode-se verificar a exposição do solo, vegetação escassa, presença de ravinas e acentuado processo de erosão hídrica, além de núcleos de arenização com acúmulo de sedimentos em formas de dunas resultantes da ação eólica (GOULART *et al.*, 2016).

Em relação ao seu uso, a propriedade possui horta e pomar doméstico para subsistência, além do arrendamento de parte da área para pastoreio, sendo essa a principal atividade econômica.

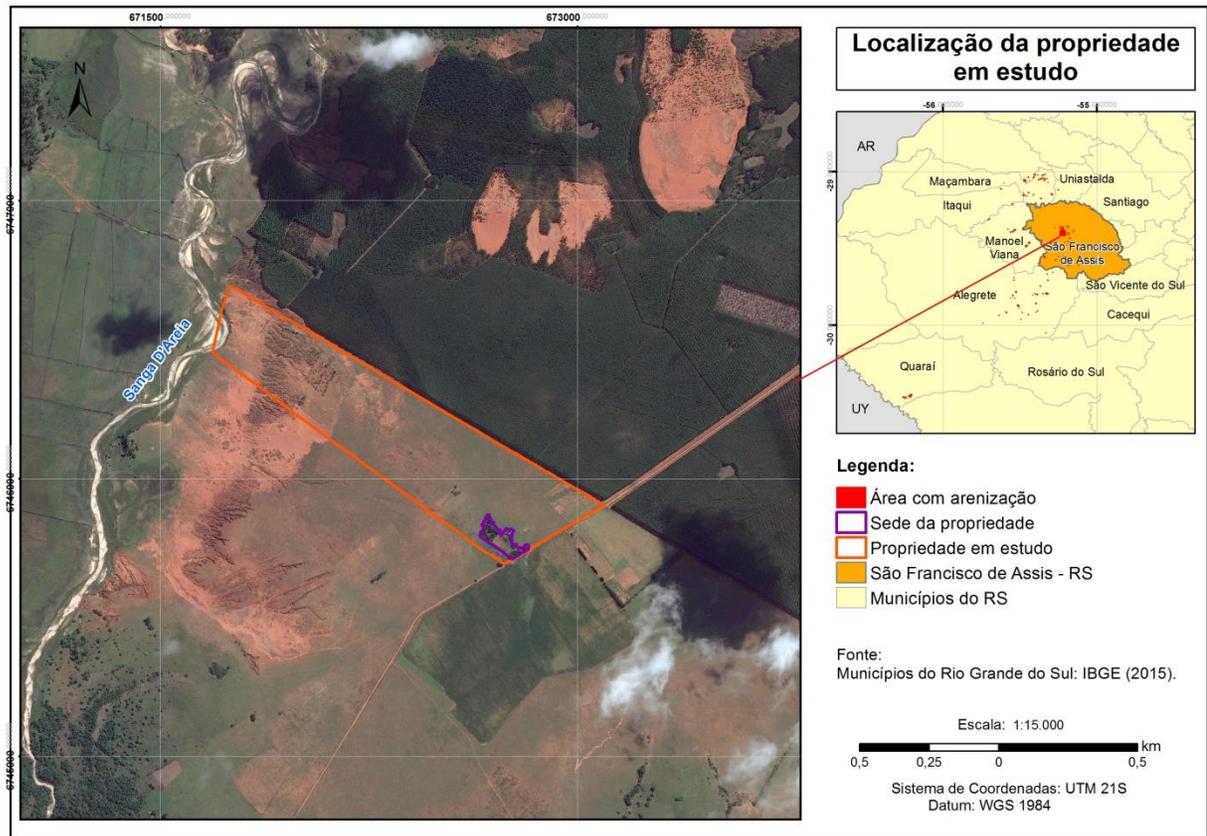


Figura 1: Mapa de localização da propriedade. elaborada pela autora (2019) sobre imagem extraída do software Google Earth.

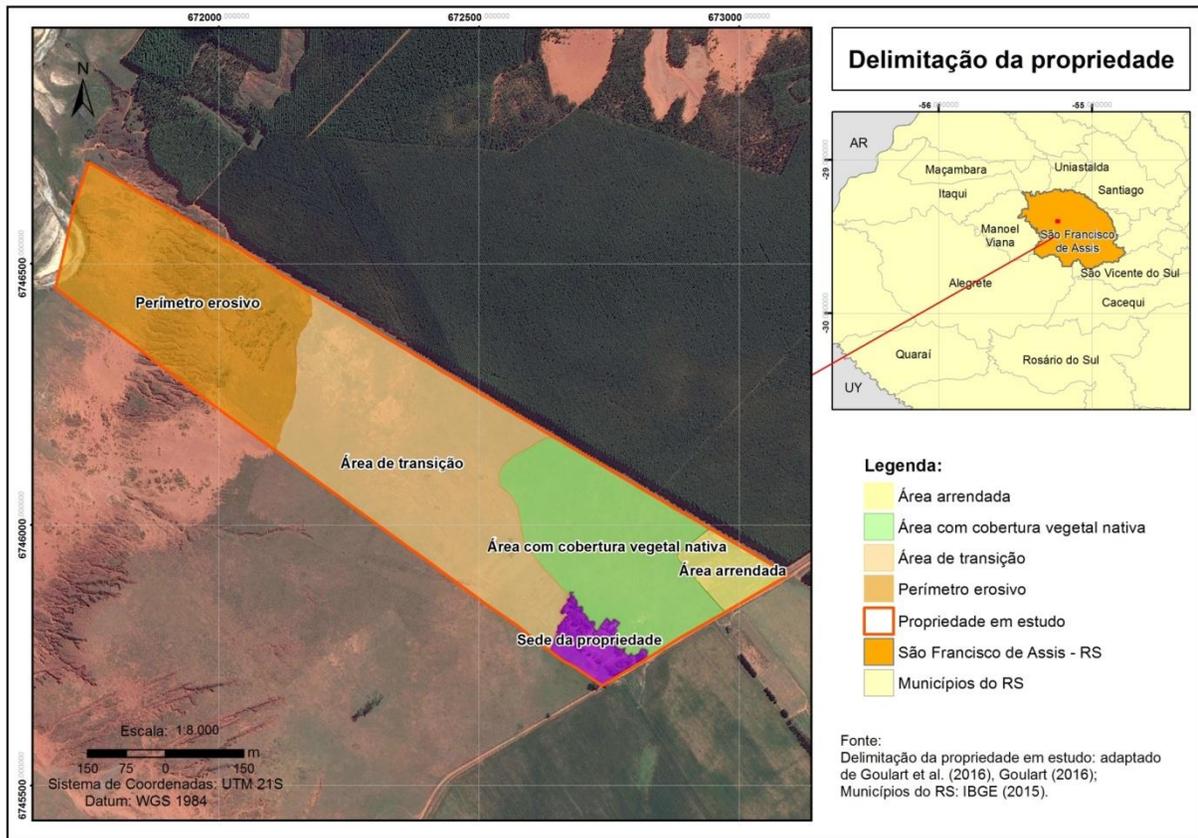


Figura 2: Mapa da delimitação da propriedade. Adaptado de Goulart (2016). Elaborado pela autora (2019).

2. REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico do trabalho está dividido em três eixos. O primeiro tema trata da temática da arenização, conceito, evolução e feições do processo. Num segundo momento é feita a abordagem dos condicionantes naturais e sociais que condicionam à arenização. Por último, é detalhado o conceito de Sistemas Agroflorestais como uma possibilidade de recuperação de áreas degradadas.

2.1. ARENIZAÇÃO

Para este trabalho será utilizado o conceito de arenização apresentado por Suertegaray (1987), que define o processo ocorrente na região Sudoeste do Rio Grande do Sul como: “retrabalhamento dos depósitos arenosos pouco ou nada consolidados, o que promove uma dificuldade de fixação da vegetação nas áreas de ocorrência, devido à constante mobilidade dos sedimentos” (SUERTEGARAY, 1987, p. 112). Este processo está relacionado com diferentes fatores naturais, como o substrato rochoso, o clima, o relevo, a vegetação, e o solo, que dão condições para a ocorrência deste fenômeno.

De acordo com Streck *et al.* (2018), a arenização só ocorre em solos muito arenosos, onde a coesão entre as partículas é fraca ou inexistente, devido à ausência de agregados estruturais e baixo teor de matéria orgânica, além de apresentarem baixa fertilidade química natural, favorecendo o desenvolvimento de vegetação rala e esparsa. Segundo Freitas *et al.* (2009), a aração da terra para o uso com lavouras, o posterior abandono e o superpastoreio, caracterizado pelo excesso de carga animal no sistema de pastoreio extensivo, estão entre as principais ações humanas que resultam em novos focos ou na expansão acelerada dos areais. Dessa forma, pode-se afirmar que se constitui como uma dinâmica natural que, quando associada à inadequada ação da(s) sociedade(s) humana(s) através do uso para a agropecuária e a agricultura, pode intensificar o processo.

Os areais, produto do processo de arenização, são formados a partir de depósitos de areia sobre a cobertura vegetal, causando a morte da mesma e a formação de um núcleo de arenização. No período de estiagem, e com a ação de ventos com potencial erosivo, há dispersão dos

sedimentos e expansão do núcleo de arenização. Estes se apresentam através de manchas de pequeno a médio porte. Conforme Suertegaray (2012), além das manchas de arenização, a área também pode apresentar o que se denomina focos de arenização, que são “áreas onde a cobertura vegetal é rarefeita e onde é significativa a presença de ravinas e voçorocas”.

A dinâmica da formação dos areais está associada aos agentes hídrico e eólico (SUERTEGARAY, 1987), sendo o agente hídrico um componente significativo correspondente à dinâmica do escoamento subsuperficial através de dutos e de fluxos mais profundos, os lençóis subterrâneos. Eles são os responsáveis pela evolução das feições do tipo ravinas para feições do tipo voçorocas.

De acordo com a autora, havendo a continuidade do processo pelo agente hídrico, ocorre o desenvolvimento da erosão lateral e regressiva, fazendo com que as bordas se alarguem e haja o transporte e deposição dos sedimentos a jusante, formando leques. Estes, por sua vez, dão origem ao areal. O vento é o responsável pela ampliação do areal (SUERTEGARAY, 2012). Por outro lado, a autora menciona que a origem dos areais também pode ser resultado do pisoteio do gado e do uso de maquinários para as atividades agrícolas, que podem originar sulcos e condicionar, portanto, o escoamento concentrado.

Mapeamentos efetuados por Suertegaray, Guasselli e Martins (1993), Suertegaray, Guasselli e Weber (1994) e Guasselli (2005) identificaram que o processo de arenização ocorre em dez municípios do sudoeste do Rio Grande do Sul, conforme o mapa da Figura 3.

2.2. CONDICIONANTES REGIONAIS

2.2.1. Litologia

Para o município de São Francisco de Assis, RS são reconhecidos três principais formações litológicas, datadas do Mesozóico, sendo elas: Formação Guará, de origem Neo-Jurássica (SCHERER *et al.*, 2006); Formação Botucatu, de origem Juro-Cretácea; e Formação Serra Geral, de origem Juro-Cretácea (TRENTIN *et al.*, 2015). Também na região de ocorrência dos areais, há a presença de um pacote sedimentar de origem Quaternária, proveniente do retrabalhamento dos depósitos das Formações Guará e Botucatu (SUERTEGARAY, 1987; VERDUM, 1997; SUERTEGARAY *et al.*, 2001 e SUERTEGARAY *et al.*, 2012).

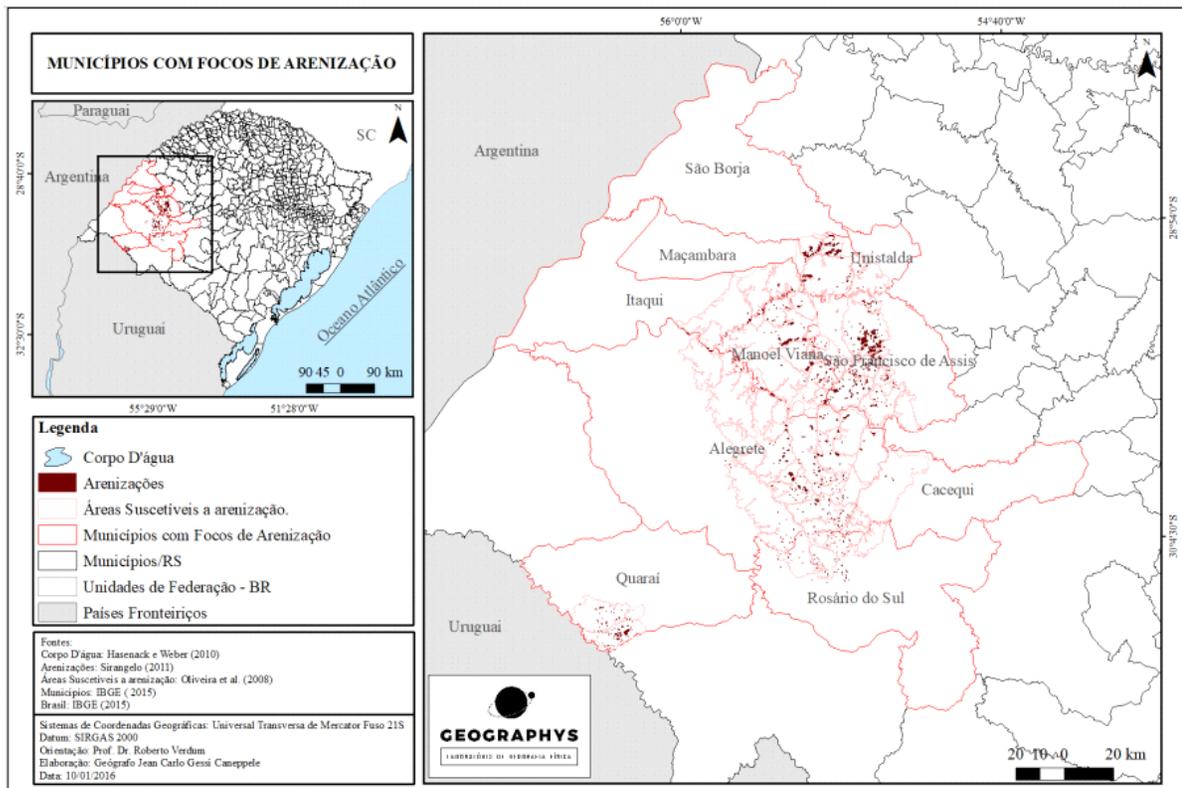


Figura 3: Mapa dos municípios com foco de arenização. Fonte: Canepelle, 2017.

A Formação Guarú teve sua origem associada a sistemas deposicionais fluviais e eólicos, resultante das oscilações no clima no Jurássico Superior, intercalando períodos úmidos e períodos áridos (SCHERER e LAVINA, 2005; SCHERER *et al.*, 2006). De acordo com Binda (2016) esta formação apresenta fácies distintas: a fácies norte, que inclui a área de estudo, é constituída de arenitos grosseiros e siltitos de origem fluvial; a fácies sul é constituída predominantemente de arenitos com textura média a fina, com origem eólica. A espessura desses arenitos apresenta em média 100 metros, podendo variar de 80 a 200 metros (SCHERER *et al.*, 2000; SCHERER e LAVINA, 2005).

Os arenitos da Formação Guarú possuem reduzida cimentação, apresentando, assim, alta suscetibilidade ao intemperismo (TRENTIN *et al.*, 2015). Segundo os autores, é comum afloramentos contendo carapaças de óxido de ferro, promovendo maior resistência. No entanto, quando essa carapaça é removida, maximiza a suscetível à erosão, promovendo a ocorrência de ravinas, voçorocas e areais (TRENTIN *et al.*, 2015; BINDA, 2016).

A Formação Botucatu corresponde a depósitos areníticos que ocorreram em condições de clima árido, entre o Triássico e o Cretáceo (TAMRAT e ERNESTO, 2006). De acordo com Scherer (2000), as deposições ocorreram sem a presença de água, pois não foi identificada a presença ou influência de água subterrânea nos espaços inter-dunários. Esta situação não permitiu a estabilização dos depósitos, ocasionando o constante retrabalhamento destes. Além disso, as estruturas sedimentares evidenciam deposições sobre ventos com direções e intensidades diferentes (SCHERER, 2000).

Segundo Trentin *et al.* (2015), esta formação se constitui, quase que em toda a sua área de ocorrência, por arenitos médios a finos, com elevada esfericidade e aspecto fosco, róseo, exibindo estratificação cruzada tangencial de médio a grande porte, sendo este um indicativo de ambiente de deposição eólica. Essa formação apresenta no Rio Grande do Sul, de acordo com Salamuni e Bigarella (1967), espessura média de 50 a 100 metros.

A Formação Serra Geral é proveniente de vulcanismo e possui cerca de 132 milhões de anos, fato que ocasionou, segundo Scherer (2000), no encerramento da formação Botucatu pelos derrames basálticos. No contato com o arenito Botucatu, esta apresenta intercalação entre as rochas, demonstrando descontinuidade dos derrames e persistência do clima desértico concomitante ao início da efusão (CORDANI e VANDOROS, 1967; JABUR, 1985; SCHERER *et al.*, 2000; NARDY, 1996; NARDY *et al.*, 2002). A Formação Serra Geral possui predominantemente rochas de natureza básica, como basaltos e andesitos, mas também rochas de natureza ácida, como riolitos e riolitos (NARDY *et al.*, 2008). Encontra-se em contato concordante e abrupto com os arenitos da Formação Botucatu (REIS *et al.*, 2014).

Wildner *et al.* (2008) em seus estudos identificou diferentes derrames, no qual eles propõem serem diferentes formações inseridos no então Grupo Serra Geral. De acordo com Binda (2016) destacam-se duas formações na Bacia Hidrográfica do Arroio Miracatu: 1. Gramado, correspondendo a rochas básicas com granulação fina a muito fina, sobre a Formação Botucatu e por vezes intercalada com esses arenitos, com espessura total máxima de aproximadamente 300 metros; 2. Palmas, correspondendo a rochas ácidas com espessura de cerca de 150 metros, indicando os últimos fluxos da lava da Formação Serra Geral.

Como pode-se perceber, a geologia de toda a área de estudo, constituída por sequências sedimentares arenosas, assim como o seu entorno é de elevada fragilidade aos processos superficiais (MEDEIROS *et al.*, 2013), além das rochas ígneas de origem vulcânica por

extravasamento, cuja condicionante climática, como visto a seguir, dota toda a região de intensa dinâmica hídrica.

2.2.2. Clima

De acordo com Bellanca (2002), as variações climáticas do Quaternário favoreceram a ocorrência de um substrato suscetível à erosão, o qual, aliado à condição atual de maior umidade, possibilitou e ainda condiciona a formação dos areais. Sendo estes, portanto, um processo natural, relacionado às condições pretéritas e atuais do meio.

O estudo de Bellanca (2002) divide o período dos últimos 13.000 anos até o presente em quatro períodos, de modo a explicar as condições que resultaram no que conhecemos atualmente. A escolha desta datação antropológica corresponde à chegada dos primeiros humanos caçadores-coletores à região da Bacia do Prata, o que o autor utiliza, entre outros dados, para afirmar a existência dos areais antes da colonização:

- De 13.000 (início do Holoceno) até 6.500 A.P.: período de ocorrência de uma transgressão e regressão marinha tendendo ao nível atual.
- De 6.500 anos até 3.500 anos A.P.: ênfase nos 5.100 A.P., quando o nível do mar transgride a +5m em relação ao nível atual.
- De 3.500 até 2.400 A.P.: início de um período seco, regressão marinha entre -6 e -10m em relação ao nível atual. Período que vai até 2.400 anos A.P., quando finda o período seco e as transformações que originariam os areais do Sudoeste do Rio Grande do Sul.
- De 2.400 anos A.P. até os dias de hoje: início da umidificação com mar tendendo ao nível atual (...) (BELLANCA, 2002, pg. 60).

Considerando o clima atual do município de São Francisco de Assis, Rossato (2012) o classifica como Subtropical I: Pouco úmido e subclassificação como Subtropical Ib: Pouco Úmido com Inverno Frio e Verão Quente. A temperatura média anual varia entre 20 e 23°C. A temperatura média do mês mais frio oscila entre 11 a 14°C e a temperatura média do mês mais quente varia de 23 a 29°C.

Conforme a autora, as precipitações atingem entre 1400 e 1700 mm ao ano, porém de forma concentrada em 70 a 90 dias de chuva, durante poucos dias ao mês – entre seis a nove dias – nos meses de outono e primavera. Segundo Verdum (1997), as precipitações diárias podem atingir cerca de 145 mm durante a primavera (setembro, outubro e novembro), outono (março, abril, maio e junho) e inverno (julho apenas). Além da importância do regime de chuvas para o

escoamento subterrâneo e alimentação da bacia hidrográfica na região, a irregularidade e a torrencialidade das chuvas são, segundo o autor, fundamentais para os processos de escoamento concentrado na formação de ravinas e voçorocas e, portanto, de grande importância para a formação dos areais.

De acordo com Verdum (1997), as menores taxas de precipitação se concentram no verão, entre dezembro, janeiro e fevereiro. Neste período, em contraponto, há a ocorrência de ventos secos e de maior velocidade, sobretudo provenientes do quadrante Leste - E e Nordeste - NE (AB'SABER, 1995), o que favorece a deflação. Há, dessa forma, o transporte dos sedimentos e a contribuição para uma outra fase do processo de arenização, onde a deposição desses sedimentos sobre a vegetação provoca o soterramento das mesmas e forma manchas de areia.

2.2.2.1 Regime pluviométrico e dinâmica fluvial local

A água da chuva provoca a erosão laminar por meio do impacto das gotas sobre a superfície do solo, caindo com velocidade e energias variáveis e por meio do escorrimento da enxurrada. Sua ação erosiva depende da distribuição pluviométrica, mais ou menos regular, no tempo e no espaço, e sua intensidade (SALOMÃO, 1999).

Em um estudo minucioso sobre a dinâmica hídrica na bacia hidrográfica do Arroio Miracatu, no qual está inserida a área de estudo, Binda (2016) verificou dois importantes regimes de chuva, são eles: anos-padrões secos e tendentes a secos, que apresentam totais pluviométricos reduzidos, mas com a ocorrência de chuvas torrenciais. Isso significa que o total pluviométrico é baixo, porém ocorre em poucos dias ou até mesmo boa parte do valor ocorrendo em um único dia, o que parece ter um importante significado geomorfológico; anos-padrão chuvosos e tendentes a chuvosos, que apresentam elevado volume de chuvas anuais, com maior frequência de chuvas extremas, desencadeando importantes processos de esculturação do relevo. Quanto ao volume pluviométrico, foram verificados 1938,8 mm em 73 dias de chuva no ano de 2014 e 2041,1 mm em 71 dias de chuva, no ano de 2015 (BINDA, 2016).

O autor ressalta que em todos os meses do ano podem ocorrer chuvas de alta magnitude, como as chuvas extremas e as chuvas torrenciais. No entanto, esses episódios não ocorrem de modo uniforme ao longo dos meses e também há variação ao longo dos anos. Ainda assim, foi possível constatar que os picos de chuva extrema ocorrem em abril (outono) e outubro

(primavera) e os mínimos ocorrem em agosto (inverno) e dezembro (verão). Quanto aos períodos de estiagem, os meses de maio e julho (transição entre outono e inverno) apresentam maior frequência desses casos. Fevereiro, junho e novembro são os meses menos propícios para casos de estiagem.

Sobre os possíveis efeitos das chuvas na área estudada, pode-se inferir que as chuvas de verão apresentam importante potencial erosivo, por possuírem alta intensidade e curta duração. Isso ocorre porque parte da água precipitada atinge a superfície com energia cinética suficiente para causar a ruptura dos agregados dos solos, para gerar o escoamento superficial, assim, potencializando os processos erosivos, sendo desencadeador para a formação de ravinas na área de estudo. Já as chuvas com volumes inferiores podem ser consideradas como agentes esculptadores da Bacia Hidrográfica, sendo desencadeante dos processos de arenização ou associado ao escoamento fluvial (MORENO, 1961; BINDA, 2016).

A dinâmica fluvial da Sanga da Areia, limítrofe à área de estudo, também é um importante desencadeador dos processos ocorrentes nesta área. Por se tratar de área de terraço fluvial, estando o regime hidrológico, como as chuvas torrenciais, relacionado com os processos erosivos e, por conseguinte, desestabilização das vertentes (SUGUIO e BIGARELLA, 1990).

Na área de estudo verifica-se processos erosivos de encosta conectados à rede de drenagem, que pode estar relacionado com a migração lateral provocada pela dinâmica fluvial da BHA que, de acordo com os estudos de Binda (2016), chegou de 100 a 200 metros em alguns segmentos, provocada pelo regime de cheias, vazões e escoamento subterrâneo.

Em relação à característica pluviométrica da região, Vieira (2018) orienta:

Esta característica pluviométrica termina por potencializar a ocorrência de núcleos de arenização e processos avançados de erosão hídrica, já que longos períodos de estiagem provocam a morte da vegetação nativa e precipitações repentinas de intensidade erosiva provocam a desagregação, o transporte e a deposição do material em sítios diferentes daqueles nos quais o sedimento se encontrava, originalmente. Dessa forma, pode-se considerar a desuniformidade e imprevisibilidade do padrão pluviométrico assim como a elevada ocorrência de chuvas com potencial erosivo como um filtro ecológico, contribuindo para que haja uma redução no potencial de resiliência no local (VIEIRA, 2018).

2.2.3. Geomorfologia

Guasselli *et al.* (2009), em seu estudo sobre os padrões de formas das vertentes relacionadas com a ocorrência dos areais, identificou duas subdivisões: 1) os areais originados

nas encostas de morros testemunhos podem localizar-se a partir da média vertente onde se inicia o processo de ravinamento, ou podem a partir de depósitos de sedimentos a jusante das ravinas mais alongadas, em forma de leque; 2) os areais originados no relevo de colina podem localizar-se a partir da média vertente, se expandindo pelo interior dos anfiteatros que constituem as cabeceiras de drenagem, ou então estendem-se de modo a recobrir o topo da vertente (GUASSELLI *et al.*, 2009, pg. 3873).

Verdum (1997) identificou antigos canais de drenagem, denominados valões, que foram soterrados, mas apresentam desnível do terreno. Esses valões podem estar associados aos processos erosivos, uma vez que, com o desnível topográfico, há a concentração da água que escoia sobre a superfície, podendo evoluir para uma ravina.

De acordo com Guasselli *et al.* (2012), nesses locais, tanto a infiltração como os fluxos subsuperficiais ocorrem com mais velocidade, aliados à pouca consolidação dos sedimentos que o constituem. O autor afirma, também, que o surgimento da mancha arenosa se dá a partir da evolução do talvegue pelo escoamento da água, regressiva e verticalmente, diminuindo o nível de base e ocasionando o ravinamento das médias vertentes em cerros e colinas no entorno.

A estrutura superficial das coxilhas apresenta rupturas topográficas, que podem estar associadas aos diferentes períodos de sedimentação, além de diferentes agentes de transporte dos sedimentos. Numa escala de tempo mais atual, essas estruturas superficiais são esculpidas pelos cursos de água (DAL PIVA, 2015). Em uma compartimentação geomorfológica local, em nível de bacia hidrográfica, Dal Piva (2015) definiu:

- Coxilhas, com elevação máxima de 200 metros e mínima de 128 metros, com inclinação média de 3,6%, tradicionalmente utilizada para pecuária, a partir dos anos 1970 é inserida na rota expansiva do cultivo de soja (VERDUM, 1997) e, atualmente, da monocultura arbórea de eucalipto;
- Planície fluvial, com cotas máximas de 128 metros e mínimas de 120 metros, com uma inclinação média do terreno de 2,4%, utilizado também no pastoreio do gado para bebedouro dos animais (DAL PIVA, 2015).

2.2.3.1 Relevo da área de estudo

A área de estudo está localizada na vertente da coxilha (colina de declividade suave ondulada), com elevação máxima de 200 metros e mínima de 128 metros. A partir da elaboração

do perfil topográfico do terreno (figura 8), foi possível verificar as variações altimétricas do terreno, onde se obtiveram os seguintes intervalos: 115-135 m; 135-155 m; 155-175 m; 175-185 m; 185-205 m (GOULART *et al.*, 2016; VIEIRA, 2018).

De acordo com Vieira (2018) e Goulart *et al.* (2016) a declividade média da propriedade é de 5,5%, conferindo um relevo suave-ondulado, conforme classificação da EMBRAPA (1979). No entanto, ao longo da área de estudo ocorre certa variação do relevo de plano a suave-ondulado, até ondulado nos pontos inseridos no perímetro erosivo – Pontos 12 e 13.

As inclinações médias do terreno variam de 2,9% (montante da propriedade). É possível observar as maiores diferenças nos valores de declividade na denominada área de transição (GOULART *et al.*, 2016; GOULART, 2016), onde verifica-se a rarefação da vegetação e o aparecimento de ravinas e areais. Na porção mais à jusante, onde há maior instabilidade do meio, com ocorrência de ravinas e areais, a declividade é de 7%. No talude das ravinas, onde apresenta uma altura média de dois e três metros, a inclinação é em torno de 50 e 60° (VIEIRA, 2018). Este processo está associado ao solapamento da base do talude fluvial, inserido no terraço fluvial da sanga da Areia, além da associação com o fraturamento de rochas transversais à margem (DAL PIVA, 2015; BINDA, 2016; VIEIRA, 2018). Vieira (2018) reafirma que a mobilidade constante dos sedimentos dificulta o estabelecimento da vegetação.

Quanto aos processos erosivos na área de estudo, são identificados processos associados à dinâmica fluvial, a partir de sulcos e ravinas conectadas com a rede de drenagem, e processos erosivos associados à dinâmica da meia encosta, formação de degraus de abatimento, erosão por fluxo concentrado e formação de areais (DAL PIVA, 2015).

Dal Piva (2015), em seu estudo sobre a compartimentação geomorfológica da mesma área de estudo, verificou quatro diferentes compartimentações - Figura 4:

C1 – compartimento mais elevado, com cotas máximas de 200 metros, mínimas de 178 metros, e inclinação média do terreno de 2,9%. Possui cobertura de gramíneas mais estabilizada e poucos processos erosivos do tipo ravina;

C2 – Compartimento com cotas máximas de 178 metros, mínimas de 158 metros e inclinação média do terreno de 2,2%. Neste compartimento a vegetação é menos desenvolvida, há presença de areais e muitos processos erosivos hídricos do tipo ravina;

C3 – Compartimento com cotas máximas de 158 metros, mínimas de 128 metros e inclinação média do terreno de 6,2%, sendo o compartimento com maior inclinação na área de estudo e influenciado pela dinâmica geomorfológica dos meandros da Sanga D'Areia, pois foi constatada a presença de ravinas conectadas à rede de drenagem e cuja gênese está associada à erosão do terraço fluvial atual, o qual quando tem a base solapada rompe-se em movimentos de massa na maioria do tipo rotacional, recuando de forma remontante;

Planície fluvial – compartimento menos elevado e modelado pela dinâmica fluvial, que devido ao substrato arenoso, apresenta uma grande dinâmica na variação dos meandros.

As cotas do compartimento variam de cotas máximas de 128 metros, as mínimas de 120 metros, possui menos inclinação média em relação aos outros compartimentos, igual a 2,1% (DAL PIVA, 2015).

Vieira (2018) destaca as condicionantes para o desencadeamento dos processos erosivos na área de estudo pode estar relacionado também com o livre acesso do gado para dessedentação no curso de água que, de acordo com a bibliografia trazida, é um dos agentes desencadeantes da erosão no tipo de solos arenosos da região, por desenvolver canais aprofundados em superfície. A partir dos canais formados, o impacto da chuva no solo, sobretudo quando este encontra-se desprotegido da vegetação, promove a desagregação e liberação das partículas, facilitando o escoamento superficial da água e, assim, o transporte das partículas do solo (SALOMÃO, 1999). Vieira (2018) salienta que os processos ocorrentes na área de estudo têm influência direta no potencial de resiliência do meio e que, antes de ser realizado algum projeto de implantação de cobertura vegetal, é imprescindível a identificação dos filtros ecológicos e o controle dos processos erosivos (VIEIRA, 2018).

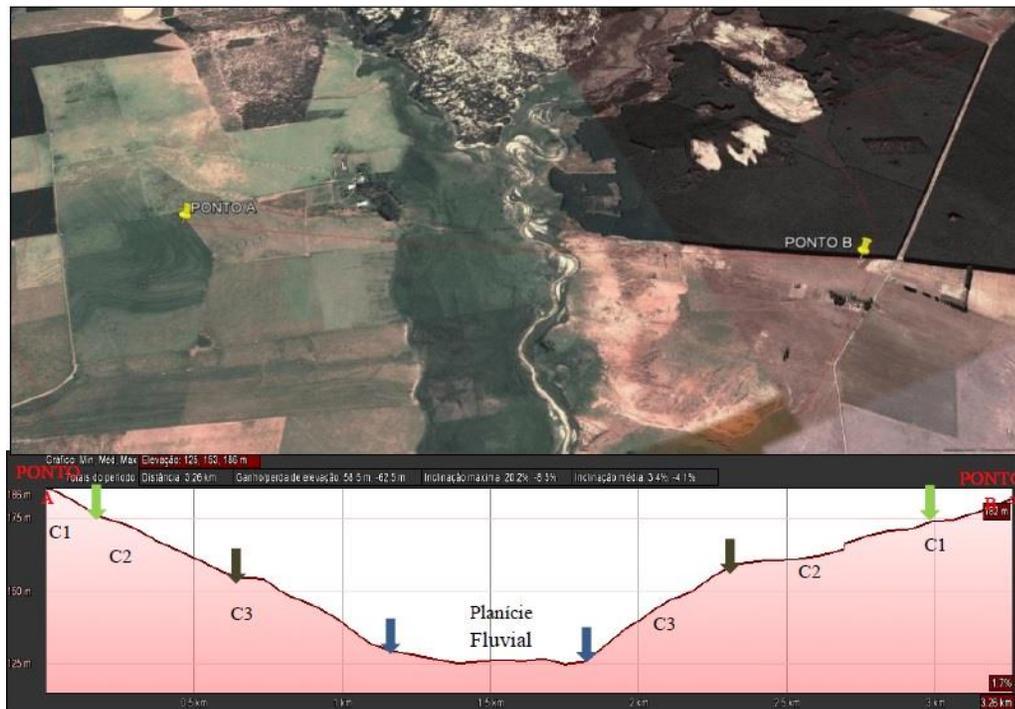


Figura 4: Perfil esquemático com a compartimentação geomorfológica da área de estudo, em detalhe. Elaborado por Dal Piva, F. (2015).

2.2.4. Pedologia

O solo pode ser entendido como um bem natural, produto da alteração das rochas e sedimentos através ação das variações climáticas e dos organismos vivos, atuando ao longo do tempo e nas mais diversas situações da paisagem (STRECK *et al.*, 2018).

De acordo com Verdum (2012), os solos da região sudoeste do Rio Grande do Sul têm sua formação relacionada majoritariamente às rochas sedimentares das Formações Botucatu e Guará, determinando sua natureza friável. Caracterizam-se como solos novos, ou seja, com formação muito recente, desde rasos a profundos, se apresentando frágeis e com baixo teor de matéria orgânica (inferior a 15%) e de nutrientes. São solos muito suscetíveis à erosão hídrica e eólica (quando descoberto de vegetação), favorecendo a erosão em sulcos (SUERTEGARAY, 2012).

De acordo com a classificação dos solos do Rio Grande do Sul, Streck *et al.* (2018) identificaram os solos das imediações de São Francisco de Assis como Latossolo Vermelho Distrófico típico e Neossolo Quartzarênico órtico, apresentando característica de alta suscetibilidade à erosão. Scopel *et al.* (2012) identificaram a ocorrência de Neossolos Quartzarênicos órticos em seus estudos sobre os solos da região dos areais que, de acordo com a natureza deles, muitas são as características e as combinações entre elas, o que os tornam suscetíveis à arenização.

No levantamento das propriedades do solo em diferentes perfis na região em estudo os autores classificaram a textura dos solos, sendo esta relacionada ao tamanho das partículas predominantes na massa de solo analisada e às quantidades de areia, silte e argila que este contém. O levantamento desta propriedade é importante, pois os processos e as reações químicas estão relacionados com a área superficial específica nas quais as reações ocorrem (MEURER, 2000), podendo condicionar os fatores de disponibilidade de nutrientes para as plantas (SCOPEL *et al.*, 2012).

Na região dos areais, Scopel *et al.* (2012) identificaram um solo com cerca de 90% da fração areia, caracterizada como areia média a fina, tanto nas camadas superficiais como nas subsuperficiais do solo e baixos teores de argila. Em solos arenosos, a área superficial específica (ASE), que é um indicador do grau de reatividade do solo, é muito reduzida. De acordo com Scopel *et al.* (2012), os fenômenos físicos e químicos que ocorrem no solo são quase totalmente ligados às reações na superfície das partículas do solo. Dessa forma, com a redução da ASE

presente nos solos da região em estudo, pode indicar propensão natural à desagregação e ao transporte de partículas pelo agente hídrico devido ao baixo potencial de retenção de água, pouca concentração de nutrientes e facilidade na lixiviação de nutrientes adicionados.

A taxa de infiltração de água no solo é, dentre outras variáveis, importante indicador da suscetibilidade do solo à ocorrência de processos erosivos. A combinação de fatores como textura arenosa do solo, ausência de cobertura vegetal, comprimento de rampa, declividade e o manejo inadequado, associado à baixa capacidade de infiltração, tem-se uma condição favorável à erosão em sulcos, podendo evoluir para ravinas e voçorocas. Suertegaray (2012) menciona os experimentos de Cabral e Maciel Filho (1991), onde foi constatado que de 100% da chuva precipitada em um dia, 97% infiltra. No entanto, quando há a presença de cobertura de campo, os solos são preservados dos processos erosivos.

Outro fator importante para a agregação e proteção do solo contra os processos erosivos refere-se à quantidade de matéria orgânica do solo, que corresponde a uma complexa e variada mistura de substâncias orgânicas e partículas sólidas, e exerce significativa influência nas propriedades físicas, químicas e biológicas, especialmente nos horizontes mais superficiais (BRADY & WEIL, 2013). De acordo com os autores, ela é responsável pela capacidade de troca catiônica (CTC), capacidade de retenção de água, formação e estabilização dos agregados do solo, além de conter grandes quantidades de nutrientes para as plantas.

Os Neossolos Quartzarênicos da região em estudo, devido ao fato de apresentarem textura predominantemente arenosa, com pouca presença de argila e matéria orgânica, favorecem as condições para a ação erosiva dos agentes hídricos, gerando processos erosivos superficiais como ravinas e voçorocas. De acordo com Souza e Lobato (2004), para solos arenosos, verificam-se as seguintes faixas de teores de matéria orgânica do solo (MOS): baixa (< 8 g kg⁻¹), média (entre 8 g kg⁻¹ e 10 g kg⁻¹), adequada (entre 11 g kg⁻¹ e 15 g kg⁻¹), e alta (> 15 g kg⁻¹).

Em seu estudo Webber (2016), identificou em amostras na área, faixa equivalente a 2 g kg⁻¹ e 4 g kg⁻¹ (com presença de crostas biológicas), sendo estes valores indicativos de baixo teor de MOS. A autora menciona que, comparando seu estudo com o trabalho de Scopel *et al.* (2012), o resultado em percentual da MOS em amostra de área sem crosta biológica, apresenta idêntico resultado, sendo este 0.6%.

Conforme Scopel *et al.* (2012), essas características proporcionam a estes solos baixa capacidade de água disponível, baixa CTC, baixos teores de matéria orgânica, acidez, excesso de

alumínio, baixos teores de nutrientes. Além disso, por serem excessivamente drenados, possuem altas taxas de infiltração de água no solo e valores elevados de condutividade hidráulica saturada, facilitando a lixiviação dos nutrientes e, pela consistência muito solta, ocorrência de processos erosivos.

2.2.4.1 Pedologia na propriedade rural estudada

O solo sustenta a flora e a fauna, o armazenamento de água, e também se constitui num meio insubstituível para a agricultura e a pecuária, sendo um componente vital no qual ocorrem processos e ciclos de transformações químicas, físicas e biológicas. Quando mal manejado, o solo pode contribuir para a degradação de um ecossistema, mesmo em um curto período (STRECK *et al.*, 2018). Segundo Salomão (1999), o solo constitui o principal fator natural relacionado à erosão, por influenciar e sofrer a ação dos processos erosivos, conferindo maior ou menor resistência.

Streck *et al.* (2018), em sua classificação dos solos do RS, identifica no município de São Francisco de Assis os Latossolos Vermelhos distróficos, caracterizados por serem solos muito profundos e altamente intemperizados, e Neossolos Quartzarênicos órticos, com alta suscetibilidade à erosão, onde verifica-se os processos de arenização. Na área de estudo, Vieira (2018) identificou o enclave de Neossolo Quartzarênico Distrófico órtico típico, por apresentar baixa pedogênese, perfis profundos sem a distinção de horizontes diagnóstico, fração textural predominantemente do tipo areia média e fina, afloramento de rochas e concreções ferruginosas ao longo de todo o terreno.

Os solos arenosos apresentam características que se tornam limitantes em relação ao uso, por serem solos já naturalmente desgastados. Dentre as características dos solos arenosos, está a deficiência de fertilidade, drenagem excessiva e baixa retenção da água (arrastando os nutrientes necessários para o desenvolvimento vegetal), e suscetibilidade à erosão (SCOPEL *et al.*, 2011; STRECK, 2018). Azevedo *et al.* (2004) destaca que, por apresentar maior quantidade de macroporos e, portanto, elevada permeabilidade com baixa capacidade de retenção de água, a água nestes solos flui pela força da gravidade, arrastando nutrientes necessários para o desenvolvimento vegetal.

Conforme análises de solo realizadas por Goulart *et al.* (2016) e Goulart (2016) ao longo da área em estudo - Figuras 5 e 6, a classe textural predominante é arenosa. Isso indica, conforme os autores mencionados, um fator predisponente natural à desagregação e ao transporte de partículas pelo agente hídrico, afetando a disponibilidade de nutrientes para as plantas. A granulometria é predominantemente areia, e percebe-se um aumento no percentual em direção à jusante da propriedade. A fração argila aparece com percentuais baixos, sofrendo um aumento no ponto de coleta próximo ao talude - Figura 7.

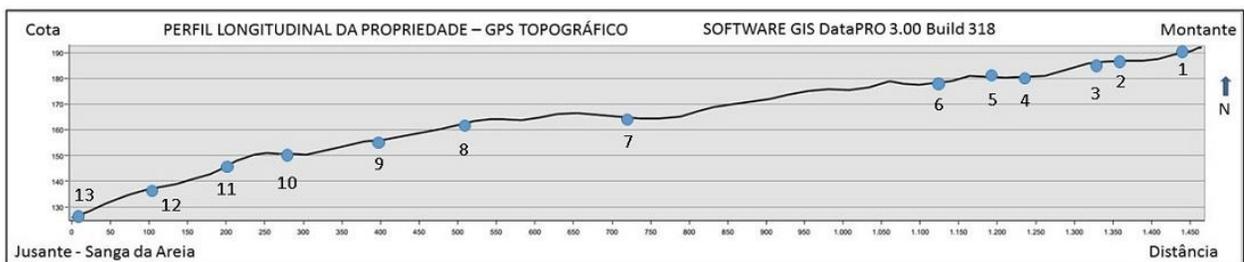


Figura 5: Perfil longitudinal e pontos de coleta de amostra de solo. Adaptado de Goulart (2016).

No ponto 7, onde há a ocorrência de alguns focos iniciais de arenização, há um maior teor de areia fina, indicando que este material pode estar sendo carregado das porções mais altas da propriedade para jusante. Segundo Vieira (2018), essa certa homogeneidade da granulometria possivelmente indica que os processos morfológicos estão associados a outros fatores, como o intenso trânsito animal e também a dinâmica do curso de água, provocando reativação das paleodrenagens.

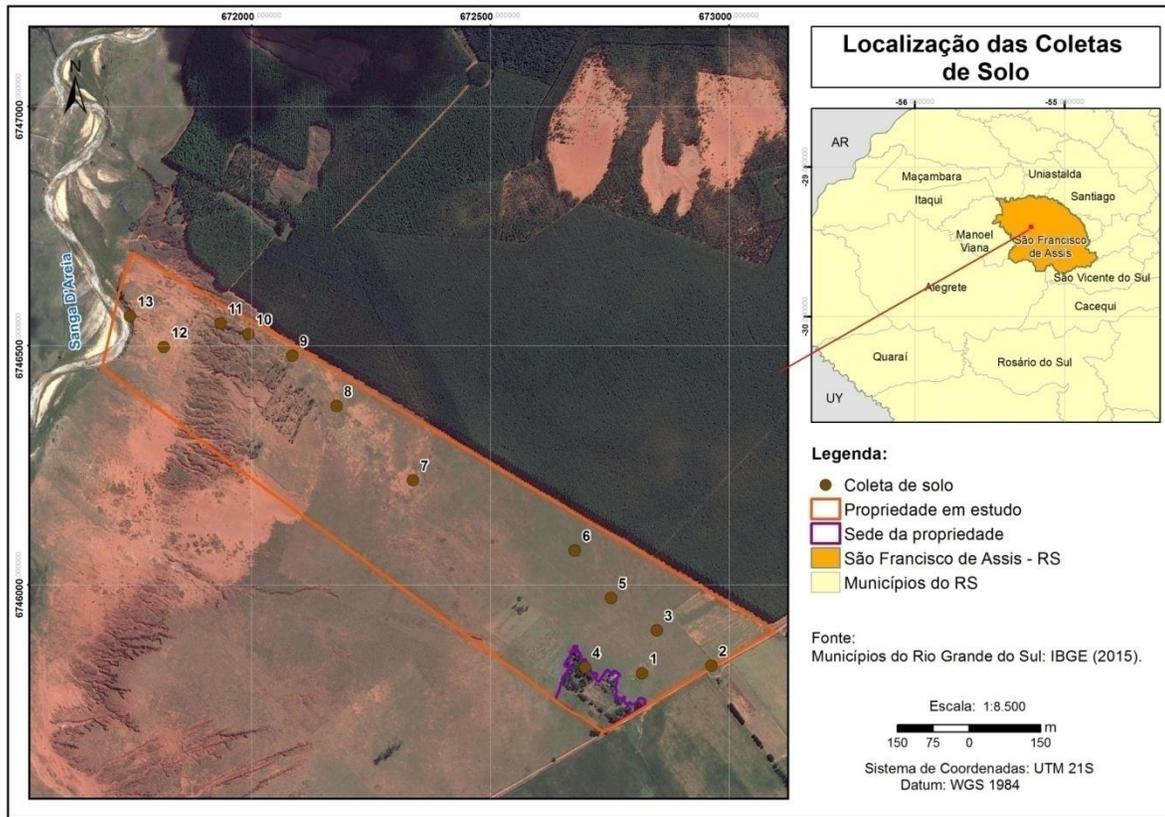


Figura 6: Mapa da localização das coletas de solo. Elaborado pela autora (2019).

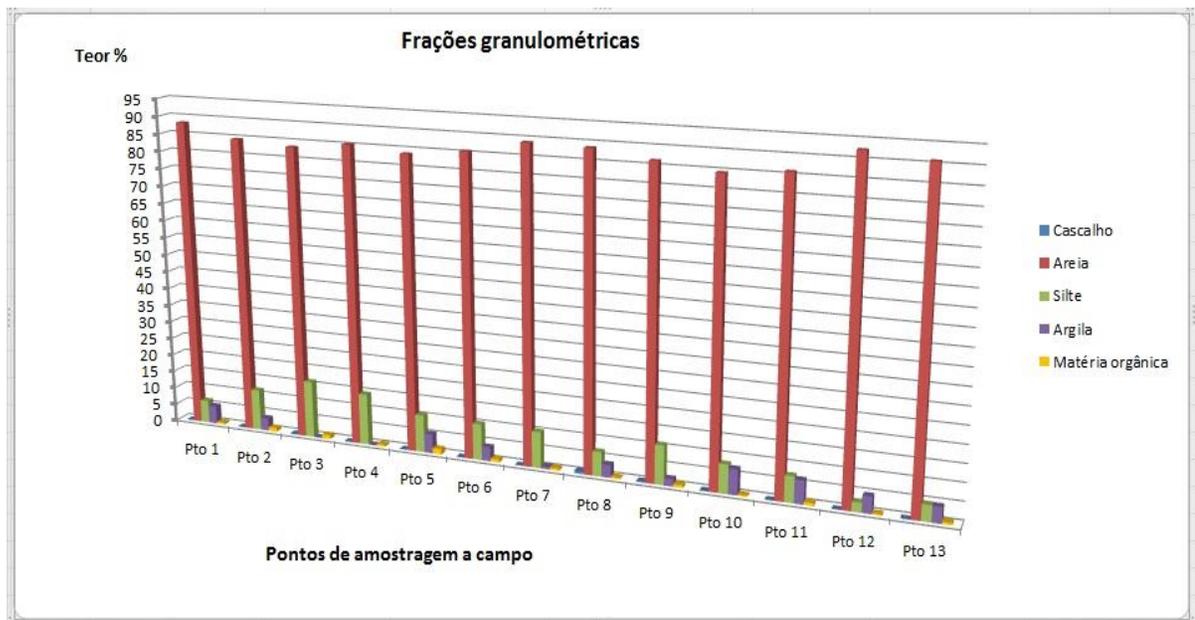


Figura 7: Frações granulométricas a partir de análises realizadas no CECO/UFRGS. Elaborado por C.L. Vieira (2016).

Na área de estudo verifica-se a presença de afloramentos do arenito Guará, com estratificação horizontal, e concreções ferruginosas. Nas análises da morfoscopia, Vieira (2018) identificou textura fosca, que indica o desgaste dos grãos proveniente da erosão eólica. Sugere-se que essa condição pode ocorrer pelo afloramento do Botucatu, presente em relevos residuais em cotas mais elevadas próximas da área de estudo. A ocorrência de grãos mamelonados, que indicam retrabalhamento do material pela ação da água e condição de menor coesão entre as partículas, foram verificados nos pontos inseridos no perímetro erosivo (VIEIRA, 2018). Nos outros pontos, a autora verificou a presença de agregados do solo com baixa resistência à compressão, matéria orgânica não decomposta, como pequenas raízes, mesofauna e concreções ferruginosas.

Corroborando esta ideia verificou-se que a Formação Guará, em sua porção norte, onde está localizada a área de estudo, é composta por arenitos grossos a conglomeráticos, com estratificação plano-paralela, depositados por sistema fluvial intercalado (DAL PIVA, 2015; SCHERER, 2000). Segundo os autores, em escala regional, a área de estudo encontra-se em área cercada pela formação Botucatu a Leste e Oeste. Scherer (2000) também afirma que ao sul e a nordeste da Bacia Hidrográfica da sanga da Areia, há presença de rochas da Formação Gramado. A Figura 8 mostra a litologia em escala regional e de detalhe.

De acordo com Vieira (2018), a argila e a matéria orgânica se comportam como materiais cimentantes, promovendo o agrupamento de partículas sólidas na forma de agregados do solo. Ao longo da área de estudo, verifica-se que a fração argila aparece com percentuais baixos, sofrendo um aumento no ponto de coleta próximo ao talude. Nos pontos 3 e 4 os percentuais são ínfimos, apresentando 0,03% e 0,04% respectivamente. Já no ponto 10, coletado em um talude de uma ravina, apresentou um percentual de 7,1%, e no ponto 11, coletado no canal da ravina, apresentou 6,5%. Na amostra 13 foi verificado aumento no percentual de argila, identificando um leve aumento da fertilidade potencial do solo. O aumento nos percentuais de argila e areia fina à jusante ocasionam o aumento na densidade do solo. A autora afirma que esse aumento nos percentuais de argila pode estar relacionado à migração superficial e subsuperficial de partículas, por estarem em pontos mais rebaixados do terreno (VIEIRA, 2018).

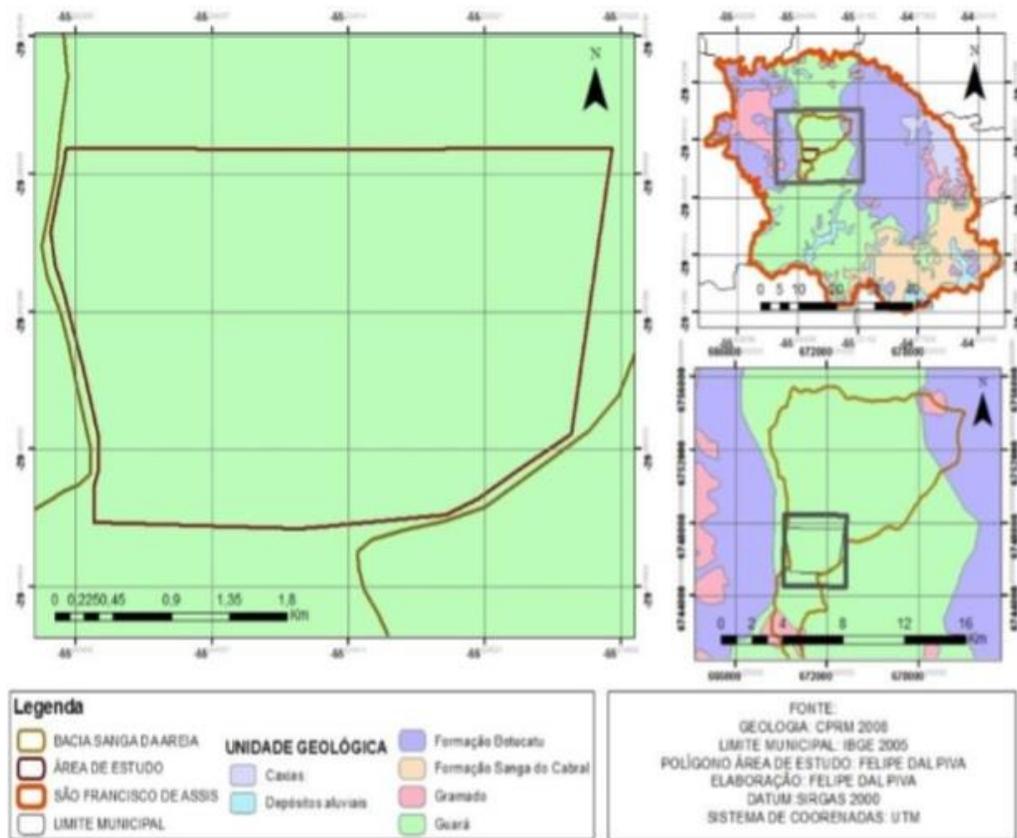


Figura 8: Mapa litológico da área de estudo. Elaborado por F. Dal Piva, 2015.

Através das análises químicas realizadas em amostras de solo coletadas em todos os pontos, Goulart *et al.* (2016) e Vieira (2018) verificaram:

- O percentual de matéria orgânica é muito baixo, apresentando valor mínimo de 0,32% no ponto 12 e máxima de 1,55% no ponto 5, sendo quase nulo na maioria dos pontos. A presença de percentuais mais elevados (entre 1 e 1,55%) pode estar associado com o esterco bovino verificado nas áreas de maior trânsito animal e à presença de cobertura vegetal nativa, próximo aos pontos de coleta 1 a 6.
- Valores de pH e CTC baixos, apresentando, assim, solo ácido, distrófico (com baixa fertilidade natural). A CTC ($\text{cmol}_c/\text{dm}^3$) apresentou comportamento decrescente ao longo da propriedade. Esses fatores podem influenciar na diferença quanto à cobertura vegetal na área.
- No ponto 3 ocorre a menor saturação da CTC com alumínio trocável, equivalente a 6,4%; e a maior concentração ocorre no ponto 11, com 86,9%. Os pontos 4, 5 e 6 apresentam

menores concentrações de alumínio, e condizem com situação de maior cobertura vegetal nativa e ausência de processos erosivos e solo exposto. Vieira (2018) alerta para o fato de que nos pontos 1 e 2 as concentrações maiores de alumínio, mesmo estando em área de cobertura vegetal nativa, pode estar associado ao fato de que a coleta foi feita em um ponto de solo exposto situado à frente de um afloramento rochoso (ponto 1) e no ponto 2 por estar próximo a um formigueiro de formigas cortadeiras, que podem ter movimentado materiais e solo, o que leva a alterar a amostra. O íon alumínio Al^{3+} presente na fração líquida do solo pode causar toxicidade às plantas, contribuindo também para o aumento da acidez potencial.

Quanto aos macronutrientes, Vieira (2018) verificou uma relação com os teores de silte e de íons de potássio ao longo da propriedade. Nos pontos onde ocorrem maiores teores de silte foram verificados também maiores teores de íons de potássio. Onde foi observado solo exposto, esses teores também se mostraram baixos. Assim, segundo a autora:

Pode-se inferir, dessa forma, que a presença de variações na superfície do solo capazes de direcionar e promover a concentração da água precipitada sobre determinados pontos do relevo, o teor de silte no perfil do solo e a natureza da rocha matriz influenciam quanto ao enriquecimento e mobilidade do potássio em substratos areno-quartzosos. Este fato pode ser preponderante não somente no estímulo ao desenvolvimento de cobertura vegetal, quanto ao próprio potencial de resiliência destes solos arenosos com ocorrência do processo de arenização [...] (VIEIRA, 2018).

Há um destaque na concentração de potássio (K), que é um elemento fundamental para o funcionamento das funções metabólicas dos vegetais, aumentando a imunidade às doenças, maior resistência aos eventos de estresse climático, como geadas e estiagem (VIEIRA, 2018 *apud* MALAVOLTA *et al.*, 1974). Na área denominada com cobertura vegetal nativa, foram obtidos valores entre 30 a 144 $mg \cdot dm^{-3}$. Nos pontos 7, 11 e 12 verifica-se uma sensível redução da concentração de K, com valores 7 $mg \cdot dm^{-3}$, 5 $mg \cdot dm^{-3}$ e 6 $mg \cdot dm^{-3}$.

A disponibilidade de potássio pode estar relacionada com fatores como: matriz de rocha rica em potássio, teor, taxa de decomposição e mineralização da matéria orgânica; presença de colóides, teor de material argiloso, características climáticas e o tipo de cobertura vegetal e taxa de evapotranspiração – ETP (VIEIRA, 2018). No ponto 3 o valor discrepante de potássio pode estar relacionado com a conformação natural do terreno de convergência de água, e também ao maior valor de matéria orgânica (1,2%), o que favorece a cobertura vegetal nesta área. De acordo

com Vieira (2018), neste ponto é possível observar a presença de espécies vegetais da família Cyperaceae típicas de ambientes mais úmidos. Do mesmo modo, os pontos que apresentam menores concentrações de potássio, são aqueles que possuem menor cobertura vegetal e maior ocorrência de solo exposto.

De acordo com Vieira (2018), o fósforo como elemento essencial para o metabolismo da vegetação e para o desenvolvimento radicular, a presença de elevados teores nos pontos 10, 11 e 12, no denominado perímetro erosivo, pode estar relacionada com os maiores teores de argila encontrados nesses pontos. Já a ocorrência elevada de fósforo no ponto 3 pode ser devido ao teor de matéria orgânica.

2.2.5. Cobertura vegetal

O município de São Francisco de Assis está inserido na região do bioma Pampa, caracterizado por uma paisagem tipicamente campestre e diversidade biológica muito rica. Os ecossistemas campestres (campos limpos, campos sujos com vegetação arbustiva) ocupam 62,2% do território do estado, equivalente a 174.000 km² (BOLDRINI *et al.*, 2010). No entanto, apesar da elevada diversidade florística, a área de campos vem sendo reduzida nas últimas décadas (FREITAS, 2010), com cerca de 50% da cobertura vegetal original destruída ou profundamente alterada segundo dados registrados para o ano de 2005 (HASENACK *et al.*, 2007).

Segundo Freitas (2010), os campos do sul do Brasil predominam desde 22 mil anos antes do presente (A.P.) e constituem evidências relictuais de um clima passado mais seco que mudou para um clima mais úmido, após 2 mil anos A.P. A região sudoeste do RS, de acordo com Rambo (2000), é a que mais ostenta o caráter de campo sul-brasileiro, devido ao predomínio da flora graminácea, correspondendo a “mais de 550 espécies” (FREITAS, 2010). De acordo com Freitas *et al.* (2009), as áreas com processos de arenização apresenta vegetação diversificada, pertencente a várias famílias botânicas, devido ao solo profundo, arenoso e permeável, favorecendo o crescimento dessa vegetação. Porém, segundo os autores, a extrema fragilidade pedológica onde verifica-se a ocorrência do processo de arenização, com suas extensas áreas arenosas, acaba por dificultar a fixação da vegetação.

Essas espécies vegetais são dotadas de adaptações morfológicas às condições locais (FREITAS *et al.*, 2009). Freitas (2010) afirma que 89,5% das espécies estudadas na região de

campos arenosos, distribuídas entre 343 espécies pertencentes a 52 famílias botânicas, apresentam adaptações ao estresse, como adaptações foliares, órgãos subterrâneos desenvolvidos, ciclo de vida curto e gemas protegidas. A autora supõe que essas características podem ter provido as espécies com estratégias de adaptação ao longo do tempo ou, até mesmo, a seleção, de forma a favorecer a sobrevivência a determinados distúrbios (FREITAS, 2010).

De acordo com Boldrini *et al.* (2010), devido à textura arenosa dos solos, as espécies possuem estruturas subterrâneas desenvolvidas para suportar o estresse hídrico. Algumas plantas, por sua vez, apresentam adaptações que as tornam capazes de sobreviver a altas temperaturas, à falta de água e ação direta dos ventos, reduzindo a evapotranspiração. Destacam-se a pilosidade nas partes aéreas, folhas espessas ou cobertas com cera, assim como a produção de óleo essenciais como no capim-limão (*Elyonurus* sp.), o que possivelmente serve para evitar a predação por animais.

Os processos de escoamento superficial e a deflação do material arenoso levam à degradação contínua da cobertura vegetal e a exposição do solo. De acordo com Silva (2012), as condições de baixos valores nutricionais e a textura arenosa e silte-arenosa do Neossolo Quartzarênico, acarretam na diminuição dos processos energéticos do metabolismo vegetal, restringindo o crescimento vegetativo, a floração e a formação de ramos novos.

Segundo Trindade (2003), a vegetação natural do entorno é crucial para a compreensão do processo de arenização. De acordo com o autor, a presença de *Butia lalemantii* Debie & Marchiori (butiá-anão), principalmente nos campos de areia localizados em São Francisco de Assis, Manoel Viana e Alegrete, pode ser um indicador do potencial de adaptação das comunidades vegetais campestres do Rio Grande do Sul às mudanças nas condições edáficas.

Conforme Trindade (2003), a composição de espécies vegetais de um determinado local é reflexo do clima dominante, enquanto que as variações estacionais e anuais na precipitação, temperatura e regime de ventos têm um papel central na dinâmica das populações no tempo. Além disso, o solo e o relevo exercem uma grande influência no padrão de distribuição, crescimento e abundância de espécies vegetais, através da regulação da disponibilidade de umidade de precipitação e, conseqüentemente, a disponibilidade de nutrientes (TRINDADE, 2003).

Freitas *et al.* (2009), em seu estudo sobre a florística e a fitossociologia da vegetação nos campos nativos sob pastejo, em áreas com arenização no município de São Francisco de Assis,

identificaram uma significativa riqueza de espécies, o que variou e diminuiu consideravelmente em áreas com processo avançado de arenização. De acordo com a autora, as famílias com maior riqueza de espécies foram Asteraceae, Poaceae, Fabaceae, Euphorbiaceae, Cyperaceae, Rubiaceae e Myrtaceae, sendo que, “do total de espécies, 19 apresentam área de dispersão restrita, sendo sete exclusivas dos campos do Rio Grande do Sul e 6 espécies são consideradas ameaçadas de extinção” (FREITAS, 2010, p. 27).

Embora a região possua diversidade na sua vegetação, Freitas *et al.* (2009) afirma que os campos do sudoeste do RS exigem cuidados especiais. A utilização dos solos para fins econômicos deve atender a manejos específicos, com a manutenção da cobertura vegetal de campo nativo, por exemplo, com índice moderado de uso para o uso para pastoreio em sistema extensivo de criação de gado (lotação baixa).

2.2.5.1 Cobertura vegetal na propriedade rural

A propriedade é composta de espécies vegetais predominantemente nativas de hábito rasteiro. Apresenta boa cobertura vegetal na primeira porção, denominada área com cobertura vegetal nativa, e, em direção à jusante, ocorre rarefação da cobertura vegetal, denominada área de transição, até o denominado perímetro erosivo, quando a vegetação é escassa e há ocorrência de solo exposto, ravinas e focos de arenização. Essa conformação da cobertura vegetal da propriedade representa, de um modo geral, ao longo de todo o ano. Porém, é importante ressaltar que a vegetação se comporta de forma sazonal, acarretando em modificações na densidade e na diversidade das espécies vegetais de acordo com as estações do ano.

Conforme Vieira (2018), as principais famílias botânicas identificadas a partir de análise visual em campo foram: Poaceae, Portulacaceae, Amaranthaceae, Asteraceae, Cactaceae, Lamiaceae, Leguminosae, Myrtaceae e Oxalidaceae. Além disso, foram identificadas espécies vegetais típicas dos campos com arenização do sudoeste do RS, como mirtácea de porte anão pitanga-do-campo (*Eugenia pitanga* (O.Berg) Nied), e touceiras da gramínea capim-limão (*Elionurus* sp.) (VIEIRA, 2018). De acordo com Goulart *et al.* (2016) e Goulart (2016), observa-se ao longo da área de estudo presença de cobertura vegetal nativa, como *Oxalis* sp., *Herbetia lahue* (Molina) Goldblatt, *Portulaca* sp., *Solanum hasslerianum* Chodat, entre outras - Figura 9.

Essas espécies, de acordo com Freitas (2006; 2010), possuem diferentes características, como potencial ornamental, medicinal, forrageiro, entre outros.

Vieira (2018), corroborando a pesquisa de Freitas (2010) e Boldrini *et al.* (2010), identificou a mirtácea anã, apresentando sistema radicular vigoroso, com raízes espessas e profundas, freatófitas, característica de plantas que utilizam água subterrânea, indicando adaptabilidade ao ambiente, ao passo que desenvolveu uma estratégia de sobrevivência em meio à baixa retenção de água, solo com pouca matéria orgânica e fertilidade, dificuldade de fixação em um substrato arenoso e inconsolidado. Além disso, a planta apresenta estrutura aérea pequena, não mais do que 50 cm, de acordo com as observações de campo, demonstrando uma adaptação para não perder água por evapotranspiração e estresse hídrico, além de também não utilizar muita energia para o desenvolvimento da parte aérea (VIEIRA, 2018).

Ao longo da área, em direção à jusante, a cobertura vegetal se torna mais esparsa, apresentando pouca biomassa. Na área de transição, verificam-se diferentes padrões de cobertura vegetal conforme a variação do relevo e respeitando certa sazonalidade, como gramíneas da família *Cyperaceae* nos desníveis convergentes, onde ocorre a concentração da água da chuva. Nas porções mais planas e altas ocorrem espécies campestres nativas, como o capim limão (*Elyonurus sp.*) Além disso, nessa porção observa-se núcleos de arenização. No perímetro erosivo foi verificada touceira de bambu nativo *Bambusa taquara* sobre topo de talude de ravina, touceiras esparsas de capim-limão (*Elyonurus sp.*) e alguns indivíduos e maciços de *Eugenia pitanga* (O.Berg) Nied (VIEIRA, 2018).

A cobertura vegetal é a defesa natural de um terreno contra a erosão. Entre seus efeitos, pode-se destacar a proteção contra os impactos da chuva, a dispersão e quebra da energia das águas de escoamento superficial, aumento da infiltração pela produção de poros no solo por ação das raízes, aumento da capacidade de retenção de água pela estruturação do solo por efeito da produção e incorporação de matéria orgânica (SALOMÃO, 1999).



Figura 9: Espécies vegetais presentes na área de estudo. a) *Oxalis* sp.; b) *Herbetia lahue* (Molina) Goldblatt; c) *Portulaca* sp.; d) *Solanum hasslerianum* Chodat. Autoria: Carmem Lucas Vieira, 2015.

2.2.6. Uso do solo e ocupação do espaço

De acordo com Verdum (2004), analisar as fases de ocupação do território nos permite avaliar a pressão que os modelos de exploração agrícola exercem sobre a paisagem. Na região dos areais, anteriormente à ocupação colonial, comunidades indígenas já exploravam essas áreas, praticando agricultura de subsistência, coleta e caça, inclusive, coabitando com os areais (VERDUM, 2004; BELLANCA, 2002).

Segundo MÓSENA (2008), a atividade pastoril nos campos do Rio Grande do Sul ocorre em meados de 1626 com a fundação da primeira redução jesuítica próxima à desembocadura do Rio Ijuí, a partir da invasão do território por espanhóis e também portugueses nos primeiros anos de 1600. Ao longo dos anos delinear-se as relações de produção e trabalho, onde a pecuária passou a enquadrar o sistema produtivo do colonialismo dos séculos XVII e XVIII, que foi favorecido na região devido à extensão de terras, abundância da vegetação campestre e mão-de-obra, principalmente indígena das reduções jesuíticas locais. No final do século XVIII a pecuária na região adquire novas formas, como acumulação de capital, diferentes relações de trabalho e distinção de classes, composta por categorias sociais de estancieiros, escravos (índios e negros) e

peões e tropeiros (gauchos, estes assalariados). Mais tarde, nas duas primeiras décadas do século XIX, o aumento do povoamento da região sudoeste se deu pela concessão de terras. Com a emancipação do município de São Francisco de Assis no ano de 1884, ocorre o que a autora denomina de Sistema Agrário Expansionista (1885-1965), onde a pecuária passou a competir com o desenvolvimento de outros sistemas de cultivo (MÓSENA, 2008).

Mósenas (2008) afirma que a partir da década de 1970 as políticas de subsídio para a agricultura, baseadas nos princípios de modernização da agricultura, colonização e ocupação do espaço regional ocasionaram a ocupação da região pelos, até então, produtores da região do Planalto, devido ao esgotamento e ao alto valor da terra, o que demandou a conversão de novas áreas para abastecer o crescente mercado de grãos. Devido ao aumento das lavouras na região ocorreu, conseqüentemente, a redução de área destinada ao pastoreio, provocando a alta concentração de animais na área, sobrepastejo, quando comparado aos anos anteriores (VERDUM, 2004).

Também podem ser citadas, com grande importância para a região, as políticas que favoreceram a utilização de áreas para silvicultura. Este processo iniciou na década de 1970, a partir de estudos subsidiados pelo governo com a intenção de conter os processos, até então denominados de desertificação, o que não obteve sucesso devido ao pouco conhecimento dos processos ocorrentes na região, além do alto custo. Estes estudos tinham como objetivo a contenção dos processos erosivos a partir do plantio de espécies arbóreas, como o eucalipto (*Eucalyptus* sp.), espécies arbustivas, gramíneas e leguminosas exóticas (SOUTO, 1985).

Do mesmo modo, obedecendo aos planos de desenvolvimento governamental no Estado, a década de 1970 foi marcada também pelo incentivo fiscal ao desenvolvimento da agricultura e pecuária. Os incentivos para a agricultura foram decisivos para o aumento da produção da lavoura nas regiões norte e noroeste do estado. Com isso, o estabelecido de uma lógica de agricultura capitalista, os arrendamentos passam a vigorar nos municípios dessas regiões. Nos municípios do sudoeste do Rio Grande do Sul não foi diferente e, assim como no Planalto Sul-Riograndense, também receberam muitos incentivos para a sojicultura neste período (OKIDO, 2016). Os reflexos dessa transformação evidenciaram-se no aumento da superfície cultivada em detrimento da superfície pastoril do sudoeste do Estado (VERDUM, 2004).

A produção agrícola com o emprego de equipamento mecanizado acabou por condicionar a erosão acelerada do solo, uma vez que acentuou a pressão sobre os solos frágeis e a vegetação

herbácea, conferindo a utilização social do espaço um papel importante na relação da fragilidade do meio com os processos morfogênicos observados (VERDUM, 2004).

De acordo com dados do IBGE (2016), o território do município de São Francisco de Assis utilizado para plantio de lavoura temporária de soja é de 13,95%. Okido (2016) destacou outras duas produções de lavouras temporárias no município, sendo elas arroz e milho, que foram introduzidas a partir da década de 1920. A produção de arroz é feita em áreas próximas às matas de galeria ao longo das planícies aluviais da depressão Periférica (no rio Ibicuí), e o milho é cultivado nas coxilhas e fundos de vale nas escarpas do Planalto Meridional (OKIDO, 2016).

Conforme o Censo Agropecuário de 2017 – IBGE, referente ao período de outubro de 2016 a setembro de 2017 - Figuras 10 e 11, a soja, arroz e milho foram as culturas com maior produtividade no período. Também é possível observar alta produção de melancia, trigo, milho forrageiro, cana-de-açúcar forrageira, mandioca, cana-de-açúcar, aveia branca e fumo. É interessante ressaltar que, em se tratando de números de estabelecimentos produtivos, observa-se grande número de estabelecimentos que produzem outras culturas além daquelas com maiores produtividades. Como por exemplo, 683 estabelecimentos produzem mandioca, 422 estabelecimentos produzem feijão. Por não ser objetivo desta pesquisa, não foi feito estudo minucioso sobre essa questão, porém, sugere-se, no entanto, que essa informação possa estar relacionada com a área total das propriedades. Ou seja, muitas propriedades cultivam lavouras desses alimentos, porém, a área total é menor do que uma propriedade com cultivo de soja, por exemplo. Também pode estar associado com a diversidade de culturas desenvolvidas em uma mesma área, o que geralmente ocorre na agricultura familiar.

Quanto à pecuária, verifica-se para o mesmo Censo (IBGE, 2017) maior produção de bovinos, galináceos e ovinos. É possível observar que o número de estabelecimentos na pecuária, em especial de bovinos, é muito maior em relação, até mesmo, às culturas agrícolas. Quanto à pastagem, 2138 estabelecimentos declararam utilizar pastagem natural, 853 declararam utilizar pastagem plantada em boas condições e 63 estabelecimentos declararam utilizar pastagem plantada, estando essas em más condições. Esse dado remete à tradição do pastoreio na região, se mantendo até os dias atuais, mesmo diante da pressão das atividades agrícolas.

Um dado muito interessante, do ponto de vista desse estudo, é que 430 estabelecimentos declararam utilizar Sistemas Agroflorestais, equivalendo a 4.066,23 hectares. No entanto, não há

especificação quanto ao tipo de sistema, refere-se apenas à categoria “Área cultivada com espécies florestais também usada para lavouras e pastoreio por animais”.

Produto	Estabelecimentos	Toneladas
soja	336	143.068,50
arroz	47	26.682,50
milho	1005	11.724,77
melancia	134	5.894,86
trigo	8	3.736,20
milho forrageiro	79	3.428,82
cana-de-açúcar forrageira	248	3.319,77
mandioca	683	2.812,16
cana-de-açúcar	126	2.389,30
aveia branca	43	1.704,32
fumo	409	1.668,10
Laranja	21	204,825
abóbora/moranga/jerimum	283	177,477
feijão preto	422	114,84
Vinho ou suco	13	58,8
cebola	61	31,576
Bergamota	8	19,49
melão	49	15,335
Uva	4	14,5
amendoim	45	10,448
noz	10	3,43
alho	15	0,861
batata inglesa	3	0,510
feijão verde	4	0,250

Figura 10: Produção do município de São Francisco de Assis no período de 1 de outubro de 2016 a 30 de setembro de 2017. Fonte: Censo Agropecuário 2017 - IBGE

Pecuária	Efetivo rebanho (cabeças)	Estabelecimentos
Galináceos	53,097 (cabeças x 1000)	1415
Ovos de galinha	345,523 (dúzias x1000)	
Bovinos	175.156	2052
Leite de vaca	1.670,738 (x1000 litros)	
Ovinos	27.385	608
Suínos	4.988	958
Equinos	3.744	1032
Patos, gansos, marrecos, perdizes e faisões	942	76
Bubalinos	463	17
Perus	204	31
Caprinos	108	8
Codornas	91	12
Asininos	22	4
Muares	6	4

Figura 11: Produção pecuária do município de São Francisco de Assis no período de 1 de outubro de 2016 a 30 de setembro de 2017. Fonte: Censo Agropecuário 2017 - IBGE

Apesar dos fatores do meio serem condicionantes para a formação dos areais, Freitas *et al.* (2009) afirmam que, dentre as principais ações humanas que resultam na expansão e na formação de novos focos de areais estão a aração da terra para lavouras e o posterior abandono da área, e o super pastoreio, ou seja, quando há excesso de carga animal no sistema de pastejo. Dessa forma, o super pastoreio proporciona elevado pisoteio do gado, além do consumo da cobertura vegetal (pastoreio da vegetação nativa), originando sulcos e desencadeando condições de escoamento concentrado. Dessa forma, pode-se entender que mesmo as condições do meio naturalmente apresentarem fragilidade, o uso nada ou pouco planejado pode intensificar e/ou acelerar os processos erosivos, fazendo com que o meio perca sua capacidade de resiliência, tornando-se, assim, num ambiente degradado.

3. SISTEMAS AGROFLORESTAIS

Ao longo dos anos foram desenvolvidas inúmeras definições conceituais para os Sistemas Agroflorestais (SAFs), englobando um conjunto de técnicas de manejo e cultivo. No entanto, como muitos autores citam, Sistema Agroflorestal é um termo novo para designar práticas antigas. Diferentes povos, ao longo da história, praticavam o cultivo de diferentes espécies vegetais combinadas, além de animais (COELHO, 2012). No Rio Grande do Sul os sistemas agroflorestais já eram praticados por grupos indígenas, que cultivavam espécies como milho, mandioca, batata, abóbora e fumo, e utilizavam a sucessão natural da floresta para a recuperação da fertilidade do solo (FERREIRA, 2014).

Na década de 1970, o termo era definido como a combinação de espécies florestais e cultivos e/ou animais. No entanto, o termo passou a abranger as “espécies perenes lenhosas” (FERREIRA, 2014). Nair (1990) então ampliou a definição de SAF como plantio de árvores ou outras plantas lenhosas perenes, com culturas agrícolas e/ou animais, na mesma unidade de terra ou em alguma outra forma de arranjo espacial ou temporal, e pelas interações ecológicas e econômicas, significativas entre os componentes arbóreos e não arbóreos do sistema.

Bolfe (1990) irá definir sistema agroflorestal como uma forma de produção que se inspira na estrutura e na dinâmica da floresta, considerando as variações de diversidade e densidade de espécies que caracterizam todo o processo sucessional, bem como a sincronia de crescimento entre as espécies dos consórcios, a manutenção da cobertura do solo e a garantia de circulação de nutrientes. De forma complementar, Altieri *apud* Cardoso (2012) cita que o Sistema Agroflorestal está associado a uma série de interpretações, podendo se referir a sistemas de uso da terra que compreendem, em um mesmo espaço, o uso associado de árvores, plantas anuais e eventualmente a criação de animais com fins produtivos, como exemplo os chamados sistemas Agrosilvipastoris e Silvipastoris - Figura 12.

Assim, a prática da Agrofloresta visa potencializar os processos de acumulação de biomassa, com base nas dinâmicas naturais e intervenções/manejo. Com isso, busca-se sistemas altamente produtivos e altamente eficientes em funções ambientais mais amplas, como a fixação de carbono e a manutenção da integridade do ciclo hidrológico (STEENBOCK *et al.*, 2013).

O Brasil apresenta instrumentos legais para implantação e manejo de Sistemas Agroflorestais e assim o define como “plantio intercalado de espécies lenhosas, perenes ou de ciclo longo, exóticas com nativas de ocorrência regional em até 50% da área total a ser recomposta” (BRASIL, 2012). Na legislação brasileira, a base jurídica utilizada para nortear o processo de certificação de Sistemas Agroflorestais encontra-se nas leis que tratam sobre a agricultura familiar e o interesse social. Assim, a Lei 12.651 de 2012, conhecida como 'Novo Código Florestal', traz no artigo três definições e insere os Sistemas Agroflorestais como de interesse social, de acordo com as alíneas expressas a seguir:

- [...] b) “a exploração agroflorestal sustentável praticada na pequena propriedade ou posse rural familiar ou por povos e comunidades tradicionais, desde que não descaracterize a cobertura vegetal existente e não prejudique a função ambiental da área”;
- [...] i) plantio de espécies nativas produtoras de frutos, sementes, castanhas e outros produtos vegetais, desde que não implique supressão da vegetação existente nem prejudique a função ambiental da área;
- j) exploração agroflorestal e manejo florestal sustentável, comunitário e familiar, incluindo a extração de produtos florestais não madeireiros, desde que não descaracterizem a cobertura vegetal nativa existente nem prejudiquem a função ambiental da área (BRASIL, 2012).

O Novo Código Florestal também prevê para a agricultura familiar, a exploração econômica por meio de sistemas agroflorestais, das áreas destinadas à Reserva Legal, deixando nítida a obrigatoriedade da autorização prévia do órgão competente vinculado ao SISNAMA. Essa Lei, portanto, admite em áreas de Reserva Legal, o “plantio de árvores frutíferas, ornamentais ou industriais, compostos por espécies exóticas, cultivadas em sistema intercalar ou em consórcio com espécies nativas da região em sistemas agroflorestais” (BRASIL, 2012).

No Rio Grande do Sul, o Decreto 38.355 de 01 de abril de 1998 estabelece as normas para o manejo dos recursos florestais nativos (ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL, 1998), e o licenciamento é realizado pela Secretaria Estadual do Meio Ambiente – SEMA, por meio do Certificado de Identificação de Agroflorestas, emitido pelo SEMA-RS ou municípios que possuem Secretarias de Meio Ambiente ou equivalente e Conselho Municipal de Meio Ambiente. Este instrumento consiste em:

- [...] licença de instalação e operação (LIO) que prevê o plantio e manejo de áreas agroflorestais de base ecológica que incluam em sua composição de espécies as essências florestais nativas, que em outra condição poderiam exigir outros procedimentos licenciatórios para se proceder aos tratamentos culturais necessários ao manejo agroflorestal, além de seus produtos madeireiros e não madeireiros não poderem ser

extraídos futuramente, exceto em condições específicas previstas em outros instrumentos autorizatórios (CARDOSO, 2016).

Este certificado constitui-se num procedimento administrativo simplificado para o licenciamento de sistemas agroflorestais em áreas de vegetação secundária em estágio inicial de regeneração, como no exemplo deste trabalho, em áreas agrícolas e áreas degradadas. Vale destacar que esta certificação abarca áreas de preservação permanente (APP), desde que não estejam previstos cortes rasos e práticas que comprometam a conservação do solo e da água (CARDOSO, 2016). De acordo com o autor, para o consumo das espécies nativas, deverá ser informado ao órgão ambiental licenciador. O Certificado de Identificação de Agroflorestas pode ser obtido por agricultores familiares, de acordo com a Lei nº 11.326 de 24 de julho de 2006, sendo uma grande conquista para o desenvolvimento desses sistemas e, por conseguinte, contribuir para aumento da biodiversidade.

No que tange à recuperação de áreas degradadas, a Lei Federal nº 12.854 de agosto de 2013 prevê o fomento e incentivo de ações de recuperação florestal por meio de implantação de sistemas agroflorestais em áreas rurais desapropriadas e em áreas degradadas e deverão representar alternativa econômica e de segurança alimentar e energética para o público beneficiado. O Art.3 especifica SAF como alternativa econômica para agricultores familiares, em especial, às famílias beneficiárias de programas de assentamento rural, pequenos produtores rurais, quilombolas e indígenas (BRASIL, 2013).



Figura 12: Sistemas Silvipastoril e Agrossilvipastoril(acima) e Sistemas Agroflorestais em faixa e mandala (abaixo).

De acordo com Vivan (1998), ao se tratar de solos degradados, os SAF podem ser alternativas de intervenções que podem tornar o sistema de cultivo eficiente, com resultados benéficos de produção, aporte de nutrientes, proteção dos solos, além de poderem servir como barreiras naturais para a redução da velocidade dos ventos e a animais. A introdução das espécies se dará de modo que estas se beneficiem dos nutrientes que estão sendo ciclados pelo consórcio e o que irá permitir o crescimento e a produção agrícola nos sistemas regenerativos será a inserção da planta cultivada no consórcio adequado, no tempo e no espaço da sucessão (VIVAN, 1998).

Götsch também esclarece que quando se quer introduzir um sistema de produção, é preciso conhecer e se inspirar no ecossistema original local, bem como entender as interações entre todos os elementos do ambiente (GÖTSCH, 1995). Corroborando esta ideia, Vieira (2018), em sua pesquisa sobre restauração ecológica em áreas em processo de arenização, afirma que os critérios para restauração de áreas degradadas variam de acordo com a realidade local e pode ser composta por diferentes técnicas, devendo ser definido a partir da microbacia hidrográfica, com

base na erodibilidade do solo da área a ser restaurada. Estas são questões chave para este estudo, que tem como premissa a escolha de espécies a partir da potencial capacidade de adaptação ao ambiente, podendo ser espécies nativas e exóticas, para compor o modelo de SAF proposto.

Para a implantação de um SAF ou outros modelos de Agroecossistemas, muitos autores defendem a utilização do fluxo da sucessão natural de espécies e seus ciclos, pois dessa forma os cultivos passam a se beneficiar dos nutrientes ciclados de modo contínuo, pela convivência entre os cultivos de interesse humano e a vegetação nativa e não à custa da mineralização dela, como quando o solo é arado (VIVAN, 1998). Segundo este autor, isto inclusive pode propiciar a atividade agrícola a se tornar compatível com a regeneração de um ecossistema desestabilizado pela atividade humana. Para tanto é necessário tomar conhecimento do que é o processo sucessional que, de acordo com Peneireiro (1999), pode ser entendido da seguinte forma:

O processo sucessional, para sua melhor compreensão pode ser dividido em sistemas sucessionais, caracterizados por diferentes consórcios com ocorrência concomitante de espécies tipicamente pioneiras, secundárias, intermediárias e transicionais, de acordo com as características do ecossistema estudado. Os representantes de todas as fases crescem juntos, porém, em cada fase da sucessão haverá uma comunidade dominante, dirigindo a sucessão. Para cada consórcio, os indivíduos das espécies mais avançadas na sucessão não se desenvolvem enquanto os iniciais não dominam. As plantas precisam ser tutoradas pelas antecessoras. Neste processo, podemos dizer, pela abordagem sistêmica, que a planta não morre, é transformada. A transformação é justamente o que dá a ideia de continuidade, de dependência, entre todos os indivíduos no tempo, durante todo o processo sucessional (PENEIREIRO, 1999).

Como mencionado pela autora, as espécies vegetais são inseridas no processo sucessional conforme suas características, podendo ser (PENEIREIRO, 1999):

- Colonizadoras – responsáveis pelo desencadeamento do processo sucessional, tornando o ambiente capaz de sustentar formas de vida mais exigentes, que exijam aeração, boa umidade, disponibilidade de nutrientes, etc;
- Pioneiras – recobrem os solos, se desenvolvem bem a pleno sol, produzem grande quantidade de sementes, dispersas pelo vento, formam populações densas (muitos indivíduos);
- Secundárias, Intermediárias e Transicionais (fim de um consórcio sucessional) – apresentam ciclo de vida longo, frutos geralmente dispersos por aves e animais de grande porte (frutos carnosos), são mais exigentes em recursos e demandam

sombra no início do seu desenvolvimento, formando banco de plântulas, conforme vão avançando na sucessão dentro do consórcio.

Para Ernst Götsch, um dos fundamentadores teóricos da sucessão natural em SAF, neste processo se pressupõe sucessivas transformações das formas de vida e das condições do ambiente, que são condicionadas pelos organismos presentes e se desenvolvem com o tempo (GÖTSCH, 1995; PENEIREIRO, 1999). Contudo, de acordo com os autores, é preciso considerar a atividade humana neste fluxo de vida, de modo que seja possível gerar bens naturais mantendo e melhorando a qualidade ambiental.

Berkes *et al.* (1995) e Donazzolo *et al.* (2012) afirmam que o conhecimento tradicional pode ser entendido como um conjunto de práticas cognitivas e culturais, habilidades práticas do saber fazer, transmitidas oralmente com a função de assegurar a reprodução do seu modo de vida e que representam o resumo de milênios de adaptações ecológicas de grupos humanos com os diversos ambientes. Tal conhecimento, quando fruto da tradição cultural de cada grupo social, pode ser denominado tradicional (DONAZZOLO *et al.*, 2012).

Ao longo dos anos, a ciência ocidental tem buscado desvendar sistemas ditos naturais, buscando melhores formas de manejá-los em função dos objetivos de produção de mercadorias, adicionando valor de troca à natureza (DONAZZOLO, 2012). Com a chamada Revolução Verde, tecnologias do paradigma químico-mecânico-biológico foram desenvolvidas com a finalidade de serem utilizadas em qualquer contexto. Essa tecnologia que gerou máquinas, equipamentos, fertilizantes, herbicidas, pesticidas em geral e sementes selecionadas, hoje transgênicas, passaram a ser adotadas pelos agricultores. Assim, esse conhecimento científico, mediado pelas tecnologias desenvolvidas industrialmente, passou a substituir o conhecimento dos agricultores de trabalhar a terra, de fazer a agricultura própria de cada comunidade rural (BALEM E SILVEIRA, 2002).

De acordo com Altieri e Nicolls (2000), à medida que ocorre a conversão da agricultura tradicional para uma agricultura comercial, aumenta a perda da biodiversidade em muitas regiões rurais, pois, ao passo que as populações se engajam na economia de mercado, as forças econômicas influenciam crescentemente no modo de produção, que se caracteriza por cultivos geneticamente uniformes.

Ou seja, com a introdução de uma tecnologia capaz de “padronizar” a agricultura, não usufruindo mais do conhecimento do agricultor, do fazer local, fez com que esse conhecimento fosse desvalorizado, destruindo sua legitimidade. Além disso, pode-se afirmar que a busca por simplificar os sistemas ecológicos complexos, de modo que fosse possível mais facilmente manejá-los, tem resultado na exaustão dos recursos naturais e na degradação ambiental (GADGIL *et al.*, 1993). Corroborando esta ideia, Donazzolo *et al.* (2012) explicam:

A especialização do trabalho, a ênfase em cultivos comerciais, aliados à decrescente mão-de-obra no meio rural, têm levado os agricultores familiares a abandonarem progressivamente práticas agrícolas intergeracionais, sendo os cultivos, as criações e os processamentos voltados para a alimentação da família, os mais afetados. Isso diminui consideravelmente a diversidade agrícola dos agroecossistemas. Esses fatores condicionantes, quando somados ao movimento da globalização, no qual a identidade alimentar dos povos não é mais valorizada, “difundem” a idéia de que a cultura global deve transcender às culturas locais, fazendo com que haja um “movimento” de não valorização daqueles cultivos relacionados ao patrimônio cultural dos agricultores familiares (DONAZZOLO *et al.*, 2012).

No entanto, os autores afirmam que muito recentemente o conhecimento tradicional tem ganhado importância, devido a um processo lento da ciência de entender que a visão do mundo como um todo e que o contexto social em que está inserido é importante para melhor compreender a complexidade do sistema ecológico. Os autores defendem que o conhecimento tradicional é uma fonte importante de informações que podem embasar, conjuntamente com o conhecimento científico, o manejo dos ecossistemas de forma sustentável, pois o estudo da conservação dos ecossistemas deve incluir os sistemas biológicos juntamente com os sistemas de valores, a organização social e a tecnologia desenvolvida pelos povos.

Ao compreender e entender o comportamento do conhecimento tradicional, incorporando-o em novas práticas, tende-se a promover um uso de recursos naturais de forma sustentável e a conservar a biodiversidade (BERKES *et al.*, 1995). No entanto, os autores alertam que é importante problematizar o conhecimento tradicional, a medida que ele é resgatado, pois durante o processo de modernização da agricultura, foram sendo adotadas crenças errôneas. Dessa forma, buscar o conhecimento popular tradicional, anterior à base do pensamento moderno e, juntamente com o conhecimento científico, poderá trazer uma reinterpretação necessária para a sua realidade, o que resultaria em um terceiro conhecimento, crítico e construído na realidade e pelos agentes sociais que interagem com ela (BALEM, 2004).

Atualmente existem inúmeras organizações e projetos que atuam na implementação de sistemas agroflorestais, tanto no Brasil como no Rio Grande do Sul. A seguir, foram relatados alguns projetos desenvolvidos pela EMBRAPA Clima Temperado no estado:

No município de Herval – RS foi desenvolvido um SAF em um assentamento, a partir da demanda devido aos eventos de ventos fortes que, por vezes, assolam o município, causando inúmeros problemas à comunidade e também para a recuperação de áreas degradadas neste assentamento. Para tanto, em Cardoso et al. (2013), foram utilizadas acácia negra (*Acacia mearnsii* De Wild.), cipreste (*Cupressus* sp.), eucalipto (*Eucalyptus* sp.) e espécies nativas, como cedro (*Cedrella* sp.), guajuvira (*Patagonula americana* L.), louro pardo (*Chordia trichotoma* (Vell.) Arrab. ex Steud.), tarumã de espinho (*Citharexylum montevidense* (Spreng.) Moldenke), araçá (*Psidium cattleianum* Sabine), pitanga (*Eugenia uniflora* L.), guabiju (*Myrcianthes pungens* (O.Berg) D. Legrand) e guabiroba (*Campomanesia xanthocarpa* O.Berg) em plantio direto como quebra-vento, e árvores frutíferas comerciais. De acordo com o autor, essa experiência de SAF se constitui em uma alternativa de grande potencial para abrigos para os animais em campos abertos do Rio Grande do Sul, além de favorecer a possibilidade de quebra vento em uma região que é fortemente atingida por ventos. Dentre alguns usos da acácia negra, escolhida como a principal produção comercial neste SAF, destacam-se o aproveitamento da casca para fabricação de tanino, lenha, carvão (muito utilizado no estado), entre outros. O autor afirma que a acácia negra não é geralmente indicada como uso para quebra vento, mas, neste caso, por meio da experiência do agricultor, observou-se que apresentou êxito. Isto fortalece a ideia de que além do conhecimento técnico, é necessário a perspectiva do agricultor na implementação de um SAF, pois ele tende a ter um conhecimento, mesmo que empírico, muito grande sobre as dinâmicas da propriedade (CARDOSO et al., 2013).

Em Pelotas, sul do RS, em área da Floresta Estacional Semidecidual, na região denominada Serra de Sudeste, foi implementado um SAF integrando aroeira-vermelha (*Schinus terebinthifolia*), videira (*Vitis vinifera* L.) e apicultura em propriedade com 9,8 ha. De acordo com Wolff et al. (2009), árvores de grande porte podem aumentar a produção de mel devido à função de resguardo contra ventos fortes, beneficiando as abelhas operárias durante a coleta no campo. Cordões de proteção são indicadas para fruticultura, protegendo em épocas secas ou ventosas e auxiliando no resguardo das plantas e brotações contra geadas fora do período de dormência (WOLFF et al., 2009). A aroeira-vermelha integrada a videiras em sistema de

espaldeira é utilizada como forma de reduzir custos, substituindo os mourões e estacas. Além disso, essa espécie é muito indicada, de acordo com os autores, por se tratar de uma planta lenhosa de baixa estatura, com resistência ao sombreamento e de rápido crescimento inicial, possuindo boa qualidade para mourões, muito resistentes e com grande durabilidade.

De acordo com os autores, em sistemas agroflorestais as perdas de nutrientes são reduzidas, tanto pelo menor escoamento das águas superficiais, como pelo adequado desenvolvimento, nas camadas superficiais do solo e subsolo, das raízes das diferentes espécies, muitas vezes complementares em formato, estrutura, profundidade ou necessidades nutricionais (WOLFF *et al.*, 2009). Os autores afirmam também que em SAF até mesmo árvores não leguminosas propiciam a fixação de nitrogênio e a retirada de nutrientes das camadas mais profundas do solo, subsequente produção de massa verde, através da queda e decomposição, disponibilizando nutrientes nas camadas superficiais do solo (WOLFF *et al.*, 2009). Eles ressaltam que não existem estudos que comprovem a composição química da biomassa da aroeira-vermelha, mas apontam que espécies arbóreas apresentam em torno de 45-50% de carbono, 14-35% de nitrogênio, 0,15-0,29% de fósforo e 0,9-1,52% de potássio, podendo ser indicativo de um bom efeito estimulante à microfauna do solo e disponibilização de nutrientes às espécies cultivadas dentro do SAF (WOLFF *et al.*, 2009). Análises de solo foram realizadas e confirmaram incremento na fertilidade das áreas com adubação orgânica via podas da aroeira-vermelha, assim como através de observações em campo identificaram maior visitação das abelhas às flores da aroeira-vermelha, com maior frequência no período da manhã – confirmado após análise laboratorial, da presença pólen desta espécie nos alvéolos das abelhas (WOLFF *et al.*, 2009).

Num contexto mais próximo da realidade deste trabalho, tem-se o estudo de Ribaski et al. (2005), com a implementação de sistema silvipastoril nos municípios de Quaraí e Alegrete, na região sudoeste do RS. Dentre as variáveis avaliadas por Ribaski et al. (2005) estão características do solo e grau de erosão, percentual de sobrevivência das espécies arbóreas: eucalipto (*Eucalyptus sp.*) e pinus (*Pinus elliotti*), percentual de cobertura de pastagem, variáveis ecofisiológicas, como radiação fotossintética ativa (RFA), temperatura e umidade do ar, fotossíntese e área específica foliar de pastagem com e sem árvore, ganho de peso de animais e avaliação socioeconômica, como custos de implementação, demanda de mão-de-obra, emprego, geração de renda/diversidade de fontes de renda. Ribaski et al. (2005) adotaram espaçamento

regular entre espécies florestais de 3 x 3 m, com linhas triplas, sendo as fileiras centrais distanciadas entre si em 20 m no plantio mais denso (1000 plantas/ha) e 40 m no plantio de menor densidade (500 plantas/ha) sendo a distância entre as linhas triplas, de 3 m, e o espaçamento inicial entre plantas nas linhas de 1,5 m. Em Alegrete, em uma das áreas de observação o produtor optou por cultivar grãos (aveia, sorgo e milho), pelo período de dois anos, nos espaços existentes entre as fileiras das espécies florestais e na outra área foi cercada para proteger do pastejo e pisoteio dos animais (ovinos), sendo eu neste caso os animais entraram no sistema logo no primeiro ano (RIBASKI et al., 2005). De acordo com os autores, a colheita das culturas agrícolas, pelo período de dois anos, contribuíram para cobrir o investimento de implementação e manutenção do empreendimento e as diferenças de altura e diâmetro das árvores não foram significativas entre os modelos adotados (RIBASKI et al., 2005). A presença de espécies arbóreas teve efeitos significativos em relação à conservação dos solos, com redução de cerca de 90% de perda de solo por erosão e, de acordo com os autores, esses resultados comprovam a importância das espécies arbóreas no processo de proteção dos solos, aliando a uma lotação animal adequada, frente à fragilidade dos solos da região (RIBASKI et al., 2005). Os autores afirmam que estudos como este contribuem para a divulgação da tecnologia e, também, são capazes de gerar impactos socioeconômicos importantes, como a construção de um viveiro de mudas florestais por parte da Secretaria de Agricultura do município de Alegrete, de modo a fomentar a demanda regional. Ribaski et al. (2005) defendem o uso dessas espécies arbóreas por serem espécies conhecidas dos produtores, como o eucalipto, que é utilizado na secagem de grãos, assim como em outros usos nas propriedades, na região.

3.1. SISTEMAS AGROFLORESTAIS COMO ALTERNATIVA PARA RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS

A degradação é um problema que ameaça a fertilidade das terras e a qualidade das águas (EMBRAPA, 2008), e tem afetado diferentes áreas do mundo. No Brasil, o surgimento de áreas degradadas possuem muitas causas presentes e passadas, que resultaram em inúmeros danos ambientais, como perda de solo, assoreamento de cursos d'água, contaminação de águas superficiais e subterrâneas, poluição do ar, entre outras, que acabaram por configurar na destruição de ecossistemas nativos, imprescindíveis na manutenção da flora e da fauna (BRANCALION *et al.*, 2015).

De acordo com Tavares (2008), o maior problema disso é que a maioria destes solos degradados ou em processo de degradação está nos países menos desenvolvidos. No Brasil não há dados precisos sobre a extensão dessas áreas, porém, as estimativas apontam as atividades agropecuárias como os principais fatores de degradação dos solos.

O Decreto Federal 97.632 de 10 de abril de 1989 em seu artigo 2º, define a degradação como “*os processos resultantes dos danos ao meio ambiente, pelos quais se perdem ou se reduzem a qualidade ou a capacidade produtiva dos recursos ambientais*”. Tavares (2008) aponta que o conceito de degradação tem sido geralmente associado aos efeitos ambientais negativos ou adversos, que decorrem principalmente de atividades e intervenções humanas. Conforme o projeto da avaliação mundial da degradação do solo do PNUD existe cinco fatores principais que causam a degradação, sendo eles:

- 1) Desmatamento ou remoção da vegetação natural para fins de agricultura, florestas comerciais, construção de estradas e urbanização;
- 2) Superpastejo da vegetação;
- 3) Atividades agrícolas, incluindo ampla variedade de práticas agrícolas, como o uso insuficiente ou excessivo de fertilizantes, uso de água de irrigação de baixa qualidade, uso inapropriado de máquinas agrícolas e ausência de práticas conservacionistas de solo;
- 4) Exploração intensiva da vegetação para fins domésticos, como combustíveis, cercas, etc, expondo os solos à ação dos agentes erosivos;
- 5) Atividades industriais ou bioindustriais que causam poluição do solo. (TAVARES, 2008, p. 2).

O IBAMA, de acordo com a Instrução Normativa Nº 4 de 13 de abril de 2011, estabelece o conceito de área degradada como uma área impossibilitada de retornar, de modo natural, a um ecossistema que se assemelhe a um estado conhecido antes ou outro estado que poderia ser esperado. Como recuperação essa IN conceitua como restituição do ecossistema ou de uma população silvestre degradada a uma condição não degradada, podendo ser diferente da sua condição original (BRASIL, 2011). Tavares (2008) afirma que esses conceitos estão aproximados e implicam na ideia de que uma condição estável será obtida em conformidade com os valores ambientais, estáticos e sociais e, além disso, esse sítio degradado terá condições de estabelecer um novo equilíbrio dinâmico, desenvolvendo um novo solo e uma nova paisagem.

Segundo Trindade (2003), conhecimento local e o papel da vegetação natural têm sido ignorados no processo de arenização e para a contenção deste processo. A diversidade florística dos Campos Sulinos constitui um patrimônio genético notável até então negligenciado. Centenas dessas espécies têm valor forrageiro que permite o desenvolvimento de uma pecuária ecológica,

baseada na conservação do campo nativo, ao contrário de outros sistemas fundamentados na produção com espécies forrageiras exóticas e dependentes de insumos” (FREITAS, 2010).

Considerando a fragilidade natural dos solos, aliada à baixa aptidão para a agricultura da região sudoeste do Rio Grande do Sul, estudos têm sido desenvolvidos com o propósito de recuperar os solos e melhorar a rentabilidade do sistema produtivo, através da implantação de Sistemas Silvopastoris, combinando árvores, pastagem e o componente animal, de forma integrada (RIBASKI *et al.*, 2005). De acordo com os autores, este estudo teve efeitos importantes no que diz respeito à conservação dos solos e proteção contra a erosão. Comparando a perda de solo no período de julho a setembro de 2004, na área cultivada com aveia e milho a perda foi de 359 kg/ha, contra 42 kg/ha em área com pastagem nativa e apenas 18 kg/ha em área com Sistema Silvopastoril.

Estudos apontam os SAF como uma importante alternativa para a recuperação de áreas degradadas, relacionada à reconstituição das características do solo e também envolvendo todos os fatores do ecossistema, como a água, o ar, microclima, fauna e flora (RIBASKI *et al.*, 2005). Segundo os autores, nos solos os efeitos dos SAF podem envolver características como transferência de nutrientes de camadas inferiores para a superfície do solo, fixação de nitrogênio, redução de erosão e lixiviação, aumento de teor de matéria orgânica, aumento da umidade e aumento da biodiversidade.

De acordo com Lamônica e Barroso (2008), os SAF apresentam muitas vantagens, como a melhora na utilização do espaço acima e abaixo da superfície do solo, resultando em aumento da produção de biomassa potencial; as raízes das árvores estendem-se a maiores profundidades no solo, as quais o sistema radicular da maior parte das culturas agrícolas não alcança, resultando em um enriquecimento das características químicas, físicas e biológicas do solo. Dessa maneira, as árvores extraem nutrientes para a parte aérea das plantas e, através da queda de folhas e galhos e da ação dos organismos decompositores, há o enriquecimento do solo. As árvores presentes no sistema agroflorestal são responsáveis pela formação de serrapilheira, deposição de folhas e materiais diversos, que é fundamental no retorno da matéria orgânica para o solo. O fluxo de nutrientes solo-planta-solo beneficia tanto as árvores como as culturas agrícolas. A adubação ocorre naturalmente, não sendo necessário o uso de insumos químicos.

Götsch (1995) afirma que os fatores críticos que determinam a velocidade de ocorrência da recuperação natural são a composição da comunidade de plantas, a ordem em que as espécies

vegetais ocorrem, o momento de aparecimento destas espécies em cada ciclo, a natureza das interações com os animais e com os microorganismos e, por fim, as condições climáticas. Dessa forma, a introdução de SAF como forma de recuperar um solo degradado, restabelecendo a cobertura vegetal natural e passando pelos estágios sucessionais, poderá ser uma abreviação do que pode levar muito tempo (PENEIREIRO, 1999).

Nos sistemas agroflorestais, as árvores ajudam a aumentar a capacidade de infiltração da água da chuva no solo. As folhas e materiais orgânicos que cobrem o solo contribuem para a manutenção e armazenamento da água disponível na propriedade. Além disso, a diversidade de plantas presentes nas áreas de SAF contribui para alimentação e abrigo da fauna local. É comum o reaparecimento de animais silvestres, especialmente aves (VIVAN, 1998).

Sobre as vantagens socioeconômicas, os autores mencionam que pode aumentar a rentabilidade da propriedade pela possibilidade de elevar a produtividade agrícola e/ou florestal e reduzir os custos de produção, por meio da menor necessidade de tratamentos como controle fitossanitário, adubação e irrigação; e de melhorar as condições de trabalho (sombreamento) e de alimentação do produtor rural.

Segundo Couto *apud* Perske (2004), no geral, os SAFs são mais estáveis e têm uma maior capacidade de manter a sua produtividade por um período mais longo de tempo que os sistemas de monocultivo. A opção de aderir aos sistemas agroflorestais pode propiciar um fluxo de caixa mais regular e mais estável para os proprietários rurais, principalmente para aqueles que têm dificuldades de armazenamento e comercialização.

4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Brancalion *et al.* (2015), em seus estudos de restauração florestal, sustentam a importância de três itens principais para o planejamento da recuperação de áreas degradadas, sendo eles o diagnóstico, a definição e aplicação dos métodos de recuperação, e o monitoramento. Os autores afirmam que o diagnóstico consiste na avaliação das características da estrutura e da dinâmica do local a ser recuperado, bem como o uso histórico, o uso atual e as características do entorno. Porém, levando em consideração que estudos de diagnóstico necessitam de maior tempo que o disponível nessa pós-graduação, e também obedecendo ao objetivo de propor um modelo de Sistema Agroflorestal com a finalidade de recuperação de áreas em processo de arenização, esta pesquisa assume as etapas de definição do modelo e de sugestão de monitoramento para os primeiros dois anos após a implantação. No entanto, vale salientar que isto é possível, visto que há inúmeros estudos sobre a região, inclusive, sobre a propriedade em estudo.

Sendo assim, a identificação dos fatores limitantes locais que possam interferir no sucesso da recuperação, pois servirá como subsídio para a proposta de SAF, terá como suporte a pesquisa bibliográfica, o mapeamento de uso e cobertura da área de estudo e seu entorno e questionamentos com atores da comunidade do município, tais como agricultores rurais, técnicos da EMATER e membros do sindicato dos trabalhadores rurais. É importante ressaltar que a pesquisa bibliográfica ocorre e todas as etapas da pesquisa, pois é fundamental para o delineamento do modelo proposto.

Para o delineamento do modelo de SAF buscou-se utilizar os critérios básicos de classificação, de acordo com Nair (1993) e Ferreira (2014), visando nortear a escolha do sistema a ser implantado de modo que atenda as possibilidades e potencialidades da propriedade. De acordo com os autores, são eles:

- Estrutural – arranjo dos componentes do sistema, podendo ser, por exemplo, agrossilvipastoris, silvipastoris, sistemas em faixas, quintais agroflorestais, entre outros; a estratificação vertical; arranjo temporal (intermitente, em sucessão, entre outros);
- Funcional – refere-se à finalidade do SAF, se função produtiva (alimentos, forragem, etc.) e/ou protetiva (conservação do solo, quebra-vento, sombreamento e etc.);

- Socioeconômico – refere-se à dependência de insumos, podendo ser categorizados como comercial, intermediário, ou de subsistência;
- Aspecto ecológico – relaciona-se com as condições naturais e ecológicas da região onde será inserido o SAF.

De acordo com Götsch (1995) e Peneireiro (1999), para que haja otimização de um sistema de produção deve-se seguir alguns passos:

i) identifica-se as espécies adequadas, os consórcios de espécies e sucessão de consórcios que ocorrem na região, solos ou climas similares; ii) para otimizar os processos de vida, tenta-se chegar à maior biodiversidade possível no sistema para preencher todos os nichos gerados; iii) identifica-se o momento mais apropriado para o início de cada ciclo, isto é, do plantio ou manejo de um consórcio mais avançado, de modo que cada espécie encontre as melhores condições para se estabelecer e crescer; iv) acelera-se a taxa de crescimento e evolução sucessional do sistema empregando o instrumentário da poda e da remoção de plantas (PENEIREIRO, 1999).

Além disso, Götsch (1995), em se tratando de florestas tropicais, explica que para entender os estágios sucessionais e, assim, conhecer as necessidades de cada espécie para se estabelecer, é interessante que as agrupem por meio da identificação de certos padrões, como a duração do ciclo de vida, altura do estrato que geralmente ocupa, padrão de ocupação, características arquiteturais e função sistêmica de cada espécie.

4.1. PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

Em uma pesquisa bibliográfica os dados utilizados são provenientes de outras fontes, os chamados dados secundários. De acordo com Gil (1989), o pesquisador deve assegurar-se das condições dos dados obtidos e analisá-los em profundidade, para que os possíveis erros não sejam reproduzidos ou ampliados.

Dessa forma, foi utilizada a bibliografia existente sobre o tema, sobretudo teses, dissertações e artigos produzidos pelo Grupo de Pesquisa Arenização/Desertificação – questões ambientais, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. Este grupo vem produzindo ao longo dos anos uma vasta bibliografia incluindo diversos olhares e perspectivas, tendo como balizador a Arenização na região Sudoeste do Rio Grande do Sul.

Esta etapa teve como finalidade identificar a área dentro da propriedade a ser recuperada, qual o melhor modelo de SAF e também quais espécies vegetais a serem utilizadas. Para essa determinação, foram consideradas as características físicas da propriedade, como geológicas, climáticas, relevo, pedológicas, e de cobertura vegetal. Para a recomendação das espécies vegetais, além das dissertações e teses sobre o tema, foi utilizado o Censo Agropecuário 2017 (IBGE), que serviu como base para reconhecer quais culturas são plantadas no município.

Essas fontes são importantes tanto para a fundamentação teórica, como também para a fase de apresentação dos resultados desta dissertação. Para as fases de conceituação e recomendação de um modelo de SAF, foram utilizados como referência publicações e estudos de caso sobre o tema.

4.2. MAPEAMENTO DE USO E OCUPAÇÃO DA TERRA

O mapeamento foi realizado para corroborar o entendimento da dinâmica da propriedade, dando subsídios para a construção do modelo de SAF a ser recomendado. Para o mapeamento do uso e ocupação da terra foi utilizada imagem adquirida no programa Google Earth Pro, capturada em 05/2013. No programa ArcGIS 10.3, primeiramente a imagem, em formato JPEG, foi transformada em formato *TIFF*. Foi realizado o georreferenciamento deste arquivo, utilizando a ferramenta “*Georeferencing*”, a partir da coleta de pontos de controle de fácil identificação, usando as coordenadas geográficas.

Para a categorização do uso e ocupação da terra, foi criado um arquivo *Shapefile* do tipo polígono. Foi criada uma coluna na tabela de atributos do arquivo para descrição das categorias. As feições foram feitas através da ferramenta “*Edit*”, a partir da técnica de interpretação visual da imagem. Também foi utilizando como referência pontos com coordenadas geográficas coletados em campo através de GPS Garmim. As coletas ocorreram em pontos próximos aos limites onde a cobertura vegetal se diferencia, próximo à sede da propriedade, próximo aos locais contendo processos erosivos. Em laboratório, esses pontos foram transformados em arquivo *Shapefile* e inseridos no programa ArcGis 10.3, juntamente com os outros arquivos mencionados anteriormente.

As classes determinadas foram: apicultura, casa, concreção ferruginosa, curso d’água, depósitos arenosos, talude com ravina, margem do curso de água, estrada, foco de arenização,

plantação de Milho e Mandioca, plantação de soja, ravinas, silvicultura, campo nativo, área reduzida de biomassa, árvore frutífera - Figura 13. O mapeamento foi feito também para o entorno da propriedade, partindo do pressuposto de que é importante entender o contexto onde a propriedade está inserida.

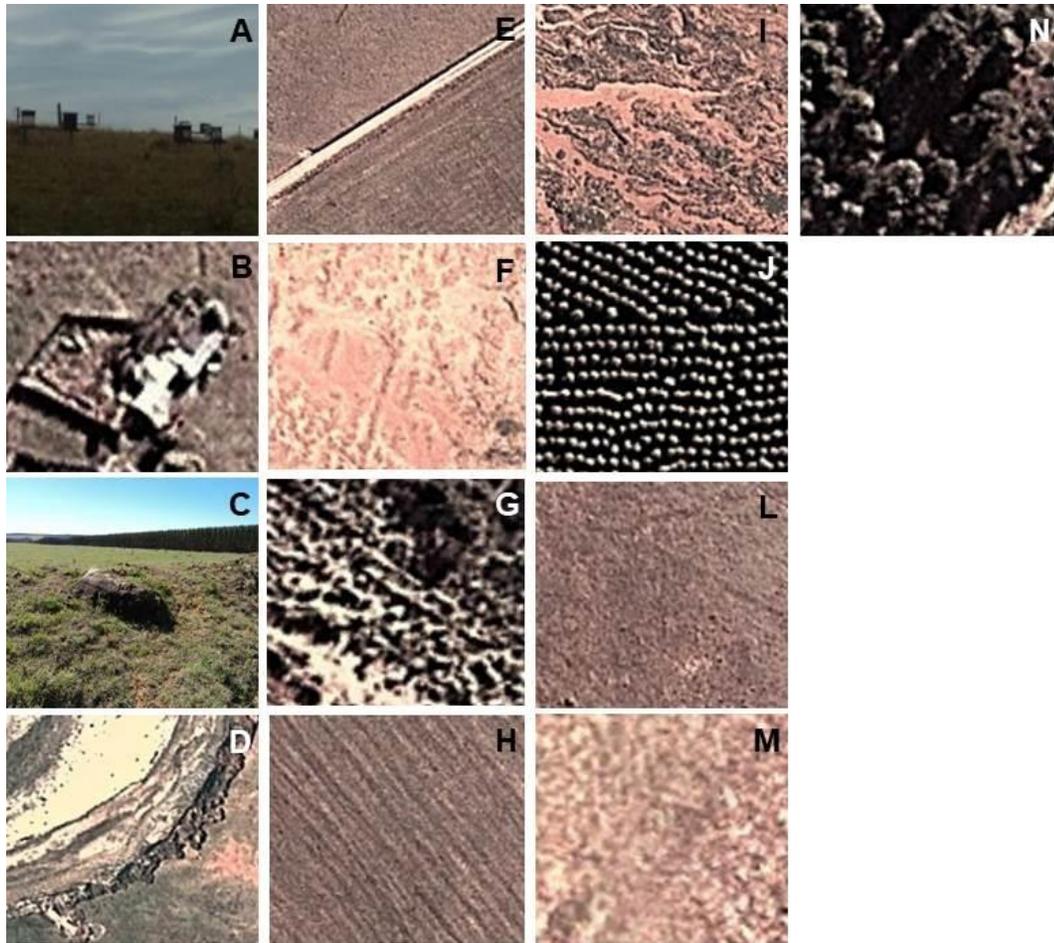


Figura 13: Classes de uso e ocupação da terra. A) Apicultura. B) Casa. C) Concreção Ferruginosa. D) Curso de Água, Depósitos Arenosos, Talude com ravina, Margem do curso de água. E) Estrada. F) Focos de Arenização. G) Plantação - Milho/Mandioca. H) Plantação. I) Ravina. J) Silvicultura. L) Campo Nativo. M) Área de Reduzida Biomassa. N) Árvore Frutífera. Elaborado pela autora, 2019.

O trabalho de campo é importante para o reconhecimento da área em estudo, onde foram observados os aspectos físicos da propriedade e obtidas as coordenadas geográficas, através do uso de GPS Garmim, para elaboração de mapas temáticos. Também foram obtidas fotografias para subsidiar análises posteriores.

4.3. ENTREVISTAS

A técnica de entrevista foi escolhida como forma de entender a realidade do município e dos agricultores frente aos processos de produção, aspectos socioeconômicos e dinâmicas ambientais. Além disso, este trabalho tem como premissa a valorização do conhecimento empírico e pelo entendimento de que a recomendação de um modelo para a propriedade deve, acima de tudo, atender o interesse da agricultora. A estruturação da entrevista escolhida foi a focalizada. Segundo Gil (1989), este tipo de entrevista é livre, todavia enfoca num tema específico. Ou seja, desenvolveu-se um esquema de pensamento criando um “roteiro invisível”, que serviu como orientação para a entrevista.

Devido à impossibilidade de conversar com a proprietária da área em estudo no momento da aplicação do roteiro, optou-se realizar a entrevista com outros atores do município. No entanto, para construção do modelo, bem como para a construção das outras etapas do trabalho, foram utilizadas conversas informais realizadas ao longo das visitas à propriedade, que ocorreram entre os anos de 2014 a 2017. Dessa forma, a escolha dos atores da comunidade para a aplicação do roteiro de questionamentos se deu pensando em entender diferentes pontos de vista, uma vez que um extensionista rural pode ter uma visão de forma global do que é produzido no município e suas características em termos socioeconômicos e de produção. Já o interesse em conversar com os agricultores remete ao nível micro, da propriedade, conhecimentos tradicionais, percepção quanto ao ambiente, como dinâmicas, processos erosivos, e quanto às condições do município em termos de oferta e demanda.

Sendo assim, o roteiro foi aplicado a um técnico da EMATER, dois agricultores rurais (sendo estes membros do sindicato dos trabalhadores rurais) e um trabalhador rural (que também pratica cultivos para autossustentabilidade em sua propriedade). Este roteiro (Apêndice A) apresentou perguntas como a percepção sobre o modelo agrícola da região, perspectivas econômicas, quais espécies vegetais são cultivadas, quais dificuldades e facilidades da agricultura na região, se identificam processos erosivos em suas propriedades e quais medidas são utilizadas para controlá-los, entre outras questões.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. CARACTERÍSTICAS INTRÍNSECAS, USO E OCUPAÇÃO DA TERRA COMO SUBSÍDIO PARA A RECOMENDAÇÃO DO MODELO DE SAF

Conhecer os fatores condicionantes do meio é fundamental para a recomendação de sistemas agroflorestais. A esta etapa Vivian (1998) denomina de zoneamento ambiental local, que tem como objetivo básico identificar as estratégias para administrar a radiação, umidade e nutrientes no ambiente que estamos atuando. Assim, a partir dos procedimentos metodológicos propostos nesta pesquisa, foi possível inferir fatores condicionantes do meio importantes para construir a proposta de modelo de sistema agroflorestal.

Em relação a estes condicionantes identificou-se importantes características que interferem na cobertura vegetal, como a não uniformidade do regime pluviométrico, a dinâmica fluvial, as diferenças na declividade, e o tipo de solo, que acabam por favorecer o escoamento e infiltração da água, influenciando na dinâmica da vegetação e no desenvolvimento dos processos erosivos na área de estudo. Além disso, como ficou evidente nos estudos e observações realizados na propriedade, o manejo e uso pouco ou nada planejado pode ser intensificador desses processos.

Foi possível verificar através dos estudos apontados no referencial teórico que as áreas em processo de arenização estão condicionadas a processos naturais que causam a instabilidade do meio, mas apresentam resiliência quando seus processos erosivos são estabilizados e há aporte de vegetação e matéria orgânica, dando resposta positiva com o crescimento da vegetação. No entanto, a partir do ponto de vista deste estudo, verificou-se que se trata de uma área degradada, pois sofre grande influência do uso, no caso, o constante pisoteio do gado por toda a área da propriedade, sem distinção as áreas mais propícias para o pastejo e aquelas que necessitam ser isoladas. Corroborando esta afirmação, Mafra (1999) explica que são diversas as formas de degradação dos solos, mas são derivadas principalmente do uso e do manejo que se aplicam às terras, que são determinados tanto por fatores históricos como por políticas internas e externas de produção.

Como mencionado anteriormente, foi realizado o mapeamento de uso e ocupação da terra da propriedade em estudo e da área do entorno (figura 14), com o propósito de dar subsídio para o planejamento e recomendação do modelo de SAF, objetivo principal deste trabalho.

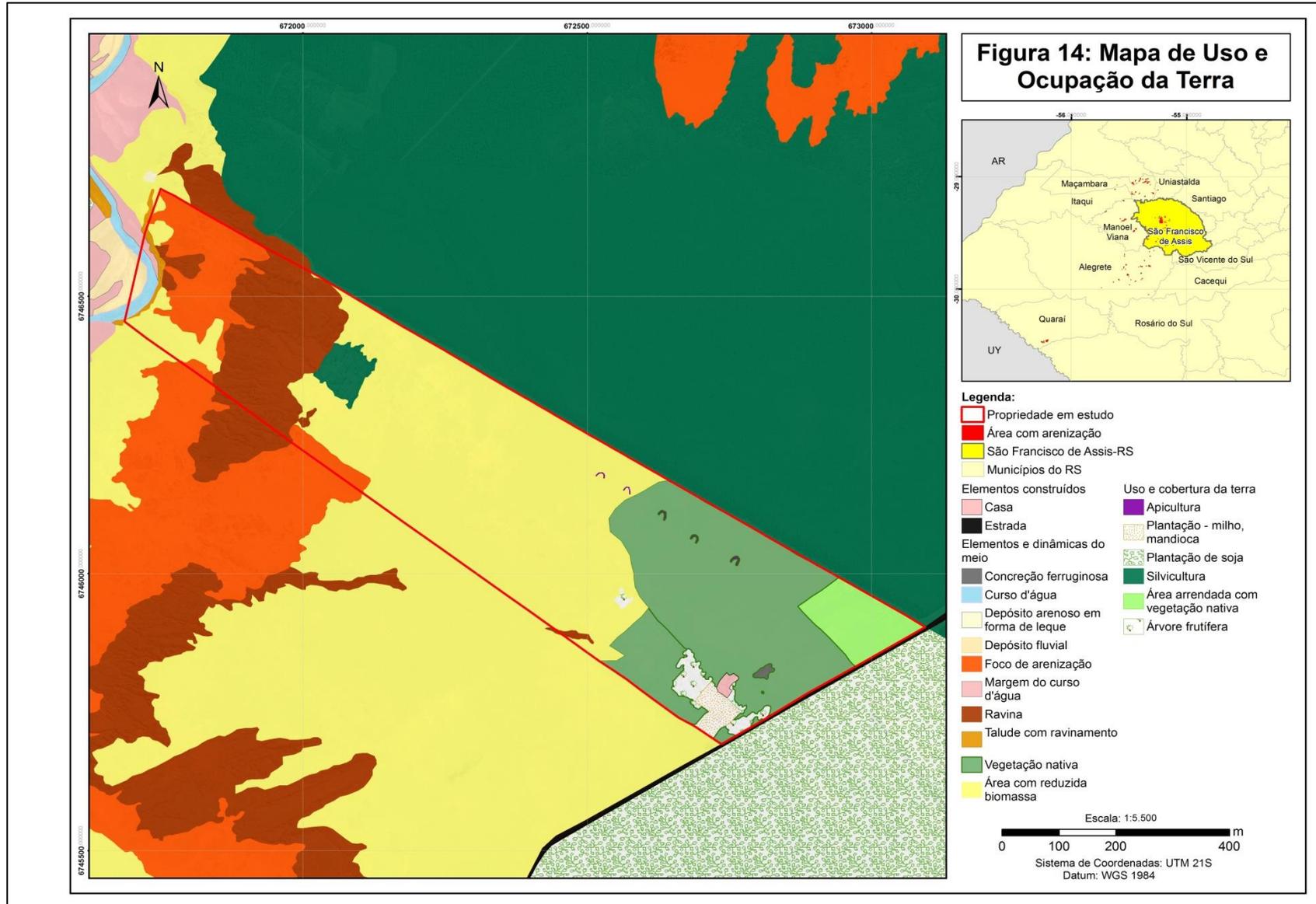
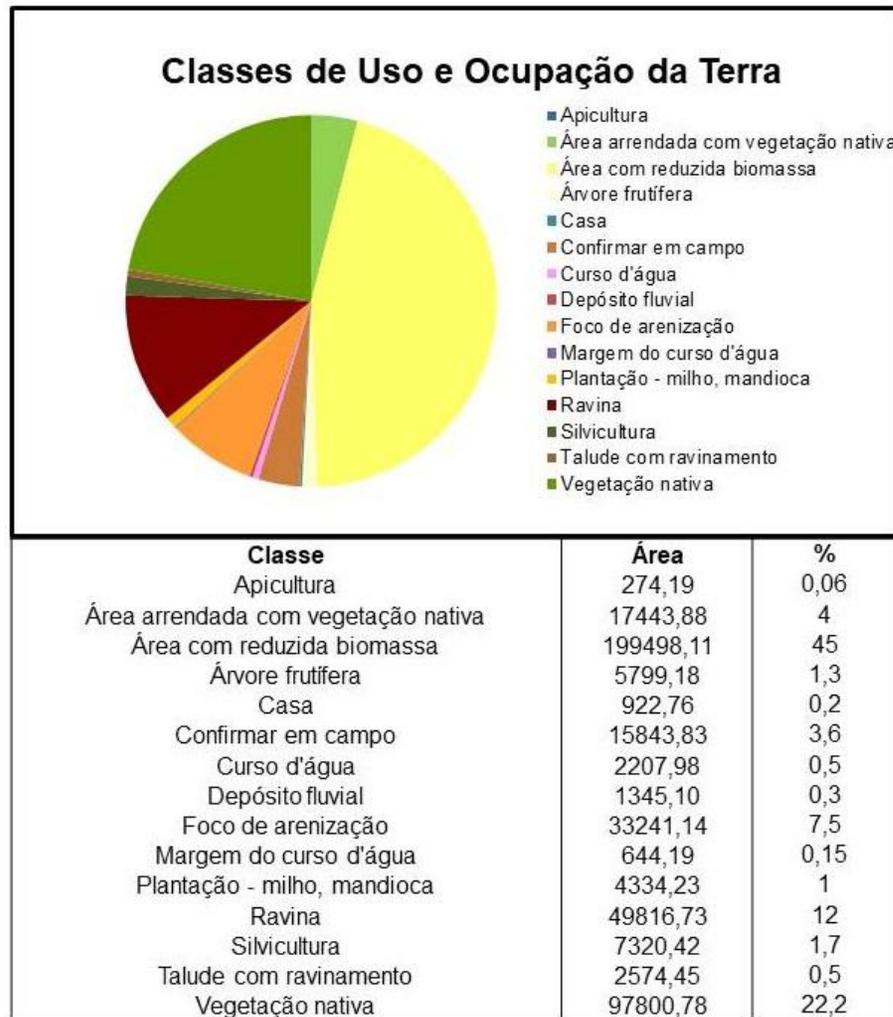


Figura 14: Mapeamento de uso e ocupação da terra. Elaborado pela autora (2019).

Além da utilização de imagem de satélite, o mapeamento contou com os registros de informações da proprietária, que relatou sobre o uso presente e passado da propriedade. O quadro 1 representado a seguir, indica a área total (em metros quadrados) para cada classe encontrada, bem como seu respectivo percentual em relação à área total da propriedade.



Quadro 1. Classes do uso e ocupação da terra. Elaborado pela autora (2019).

De acordo com o mapeamento, observa-se que há diferença na densidade da cobertura vegetal no sentido montante-jusante. Na porção com campo nativo há certa diversidade de espécies, representando 22,2% do total da área em estudo. Nesta área estão localizadas as melgueiras (caixas destinadas para o acúmulo do mel) para apicultura. Também nessa porção, próximo a casa, encontra-se uma concreção ferruginosa (figura 15), e o trânsito animal é

frequente. Próximo a casa, a proprietária possui plantação de milho e mandioca, além de árvores frutíferas para autossustentação. Na direção à jusante, a área apresenta reduzida biomassa, sendo a maior representação na propriedade, com 45% da área total. Esta porção apresenta manchas de areia espalhados pelo terreno (figura 16).



Figura 15: Concreção ferruginosa próxima à sede. VIEIRA, C.L. (2016).



Figura 16: Área com vegetação esparsa e manchas de solo exposto. Autora (2016).

A área com processos erosivos acentuados do tipo ravina representa 12% da área total da propriedade, e mostra estar em constante evolução através do escoamento concentrado da água (figura 17) e da dinâmica fluvial. Apresenta poucas espécies vegetais nativas e algumas áreas cobertas por crostas biológicas de solo. Próximo a esta área é possível observar uma plantação de eucaliptos (silvicultura), que a proprietária informou se tratar de uma tentativa de conter a erosão, mas que não apresentou sucesso.



Figura 17: Processos erosivos acentuados do tipo ravina. Autora (2016).

A classe foco de arenização apresenta um percentual de 7,5%, e corresponde ao material carreado pelo escoamento da água nas ravinas. É possível observar também depósitos fluviais na margem do curso d'água localizado no limite à jusante da propriedade (figura 18), e taludes com processo de ravinamento intenso (figura 19). É importante salientar que, de acordo com a proprietária, até o ano de 2014 havia pastoreio de ovelha e gado, apresentando uma lotação animal acima do recomendado para a área. No entorno da propriedade, do lado direito (em sentido montante-jusante) observa-se um eucaliptal. Segundo a proprietária, anteriormente à implantação do eucaliptal, nos dias de ventos fortes ocorriam “*tempestades de areia*”, que ela precisava “*se fechar em casa*”. Do lado esquerdo (sentido montante-jusante) há área utilizada para pastejo. À montante (do outro lado da estrada de acesso à propriedade) e à jusante existem cultivos de soja.



Figura 18: Depósitos fluviais na margem do curso d'água. Autora (2016).



Figura 19: Talude com processo de ravinamento. Autora (2016).

Para reforçar a proposta, foi feita uma breve análise para verificar a possibilidade da produção alternativa, por meio de questionamentos com atores da comunidade do município, tais como técnicos da EMATER, membros do sindicato e agricultores rurais. Como mencionado no capítulo anterior, foi realizada uma entrevista focalizada (GIL, 1989), com um roteiro que serviu como orientação para as perguntas. Foram feitos questionamentos como os aspectos positivos, dificuldades e perspectivas para a agricultura no município, quais as culturas mais cultivadas, redes de comercialização e mercado consumidor para produção alternativa, se há instituições que fomentam a produção alternativa, quais espécies vegetais utilizadas para conter a erosão dos solos, se conhecem os sistemas agroflorestais, entre outras.

Dentre os aspectos positivos foram elencados a disponibilidade de mercado para venda da produção, disponibilidade de terras agricultáveis e a regularidade das chuvas. Esse último item é curioso, pois, de acordo com os estudos realizados sobre o regime pluviométrico da região, não há padrão nas chuvas. Porém essa informação pode demonstrar o conhecimento empírico e adaptação dos agricultores ao clima da região.

As dificuldades apresentadas foram a falta de garantia do preço de venda dos produtos, alto custo de produção, dificuldade e escassez de mão-de-obra, além da falta de sucessão familiar, redução da renda auferida ao longo de cada ano agrícola, falta de incentivo a compra e aquisição de terras, alto preço de terras e arrendamentos, muita burocracia em relação uso do solo (licenças ambientais).

Além disso, foram apresentadas como grande dificuldade o solo arenoso e a erosão. Quando questionados sobre quais medidas para conter a erosão, foi mencionado sobre colocação de esterco de gado seco para adubar o solo. No entanto, de acordo com os agricultores, não houve sucesso nas tentativas, como contenção por meio de *“taipas para atacar a água, mas foi muita chuva e não resolveu”*, e *“semeadura de braquiária”*. Um agricultor mencionou que para conter a erosão é plantado eucalipto, mas que *“na maioria das vezes não resolve”*. O técnico da EMATER informou que a grande maioria das áreas degradadas do município, são deixadas em pousio, porém, muitas vezes há o acesso do gado. Ele informou também que há casos de cultivo de *Brachiaria humidicola*, e um produtor implantou sistema silvipastoril. Ele apontou que as áreas em processo de degradação estão com produção reduzidas, no entanto *“algumas áreas com lavoura de soja têm melhores produções em virtude de sequência de anos sem déficit hídrico”*.

Foram apontadas questões sobre agrotóxicos, como a dificuldade no destino das embalagens e custo dos insumos, “*que necessitam colocar para que possam produzir alguma coisa*”.

Sobre as perspectivas na agricultura, foi referido o cultivo da soja com grande possibilidade de crescimento, mas também observam que a plantação de melancia tem crescido. Sobre o pastejo de gado, observam que tem diminuído muito. De acordo com os entrevistados, as culturas para comercialização mais cultivadas são: mandioca, batata doce, milho, feijão, fumo, laranja, bergamota, pêssego, limão, uva, melancia, soja, cana-de-açúcar, hortaliças e legumes em geral (hortas comerciais). Quanto aos cultivos de autossustentabilidade, os principais são: mandioca, batata doce, hortaliças folhosas (radiche, couve, alface, rúcula e temperos) cebola e legumes, milho, laranja, bergamota, videira, abóbora, moranga, tomate e feijão vagem. Sobre as espécies vegetais nativas que possuem na propriedade, apontaram o pau-ferro, angico, canela de veado, aroeira, ipê, timbaúva e pitangueira.

Quando questionado sobre a produção alternativa no município, o técnico da EMATER explicou que não há produção orgânica certificada ou em processo de certificação. Porém, as hortas de subsistência das famílias são cultivadas com reduzido ou sem uso de adubos químicos e agrotóxicos e com uso de adubos orgânicos. E também existem alguns produtores que adotaram o sistema silvipastoril. Sobre as redes de comercialização e mercado consumidor, ele informou que não há em São Francisco de Assis, mas existe em Santiago, município próximo. Quanto às linhas de fomento, existe o PRONAF Agroecologia (Programa de Fortalecimento da Agricultura Familiar), do Banco Nacional de Desenvolvimento (BNDES), e ainda o Fundo Municipal de Agricultura, que financia pequenos projetos aos agricultores familiares, através de instituições bancárias, instituição financeira cooperativa. No entanto, o mesmo informou que até o momento nenhum agricultor utilizou algum desses programas para produção alternativa.

Através dessas informações é possível inferir que há um número elevado de culturas que os agricultores do município estão habituados a cultivar. Não somente espécies vegetais de lavoura como também espécies vegetais nativas. Além disso, existem linhas de fomento à produção alternativa, porém, não há procura, o que pode evidenciar que os agricultores não possuem informação sobre esse tipo de cultivo ou não possuem interesse, uma vez que não há redes de comercialização e consumo no município.

Uma questão interessante, do ponto de vista deste estudo, é que os agricultores percebem as dificuldades em relação ao solo arenoso da região, com presença de erosão, mas não associam

ao regime das chuvas. Ademais, os agricultores parecem acreditar que a soja e o eucalipto podem ser soluções, mesmo percebendo que muitas vezes não mitiga o problema.

5.2. SISTEMAS AGROFLORESTAIS EM AREAIS DE SÃO FRANCISCO DE ASSIS

A partir da hipótese deste estudo de que é possível propor um modelo de sistema agroflorestal adequado para o contexto de arenização no município de São Francisco de Assis, e utilizando como subsídio as informações levantadas por meio da revisão bibliográfica, o mapeamento de uso e cobertura e as entrevistas, serão apresentados modelos de SAF. É importante salientar que os aspectos a serem considerados nesta pesquisa serão as condições do meio e aspectos culturais, que está relacionada com as motivações e desejos dos agricultores.

Por constituírem solos muito frágeis, os solos da área de estudo devem ser manejados com certo cuidado, evitando o pastoreio excessivo, pois afeta a cobertura vegetal, favorecendo o processo de erosão hídrica e eólica e o processo de arenização. Também é importante ressaltar que as espécies escolhidas devem proporcionar alta cobertura vegetal, pois a vegetação poderá servir como proteção aos efeitos da água da chuva, prevenindo o escoamento superficial e ajudando na infiltração da água, podendo diminuir os processos erosivos.

Assim, foram definidos os critérios básicos de classificação (NAIR, 1993, e FERREIRA, 2014), como mostrado no quadro 2, que buscou atender às demandas da proprietária, visando ganhos econômicos futuro, por meio da produção de alimentos para autossustentância e venda de excedentes, e a conservação do solo.

CRITÉRIO	CLASSIFICAÇÃO
Estrutural	Composição em faixas (modelo 1); Silvipastoril (modelo 2)
Funcional	Produção e conservação
Socioeconômico	Baixa dependência de insumos; comercial e autossustentância
Aspecto ecológico	Área com reduzida biomassa (m1); área com vegetação nativa (m2)

Quadro 2: Critérios básicos de classificação proposto por Nair (1993) e Ferreira (2014).

5.2.1. Proposição de modelos de SAF na propriedade rural estudada

A partir dos critérios de classificação foram propostos dois modelos de SAF, com diferentes arranjos, de acordo com os usos da propriedade. Foi delimitada a área de 1 hectare para cada modelo, descrito a seguir:

Modelo 1:

Neste primeiro modelo, a área escolhida para a implantação localiza-se no setor denominado área de transição. Esta área foi escolhida, pois apresenta processos erosivos através do escoamento superficial e infiltração da água da chuva, além de vegetação esparsa e constante pisoteio do gado, o que acentua a erosão. A estrutura escolhida foi a de composição em faixas, que apresenta linhas de espécies arbóreas ou arbustivas, com espaço para outros cultivos. No primeiro momento, optou-se por fazer a semeadura de espécies forrageiras para proporcionar adubação verde e, conseqüentemente, aumentar a fertilidade do solo para receber novas culturas. Após, espécies arbóreas foram inseridas nas bordas atuando como quebra-vento, com espaçamento de 2 metros, de forma que promova maior adensamento. O espaçamento entre as linhas será de 2 metros (citrus e mirtácea), e os cultivos como melancia, mandioca, abacaxi, abóbora, será nas entrelinhas com 1 metro de distância. Levando em consideração a área do SAF, foram determinadas cerca de 2500 mudas (entre citrus e mirtáceas), cerca de 48 mudas de espécies arbóreas, e 10000 mudas de cultivos como melancia, mandioca, abacaxi, abóbora. A seguir, na figura 20, um esquema representando a área e o espaçamento das culturas no modelo de SAF.

É importante ressaltar que o SAF não abará o perímetro erosivo, pois como se trata de erosão associada com a dinâmica fluvial, para este setor o mais indicado seriam obras mais complexas de contenção e estabilização da erosão, o que não é objetivo deste trabalho.

Modelo 2:

O segundo modelo de SAF proposto localiza-se na área com cobertura vegetal nativa, e a estrutura proposta é o sistema silvipastoril. Nesses sistemas de produção ocorre a combinação de espécies arbóreas, pastagens e componente animal simultaneamente em uma mesma unidade de área e manejados de forma integrada (RIBASKI et al., 2005). Neste sistema

há a finalidade da função de forragem para o gado, exploração da madeira e conservação do ecossistema. Levando em consideração a recomendação para propriedades rurais no município de Alegrete-RS, este SAF foi adaptado para possuir linhas centrais de plantio com distanciamento de aproximadamente 20 metros, e em cada linha o espaçamento é de 2 metros (Figura 21), totalizando 300 plantas na área de 1 ha. De acordo com estudos sobre sistemas silvipastoril, este espaçamento entre as linhas centrais com 500 plantas/ha favoreceu o crescimento da pastagem nas entrelinhas, em comparação com outro espaçamento entre as arbóreas.

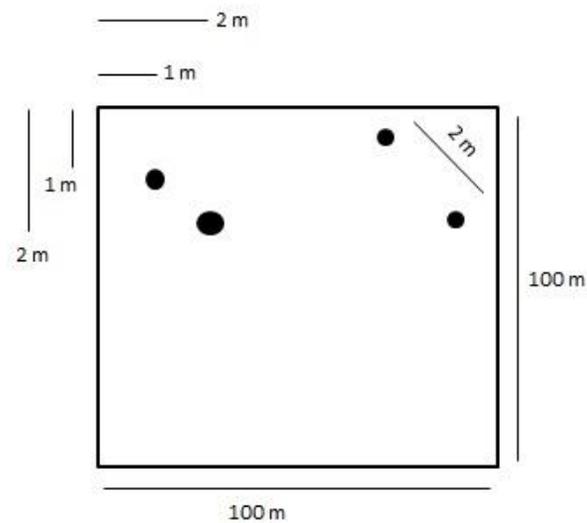


Figura 20: esquema representando a área e o espaçamento das culturas no modelo de SAF. Autora (2019).

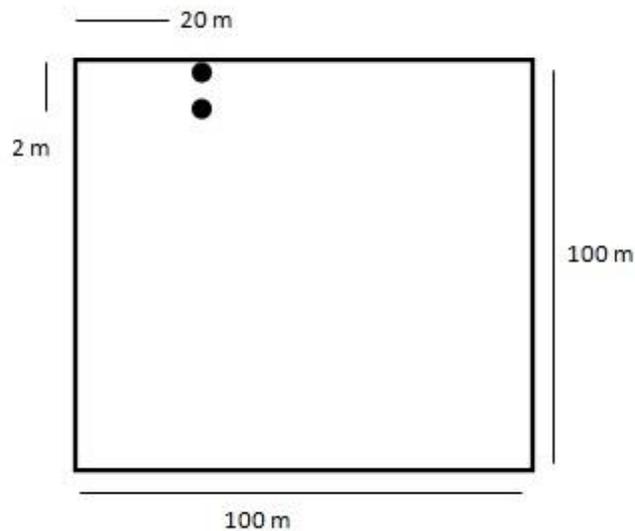


Figura 21: esquema representando modelo silvipastoril. Autora, 2019.

5.2.2. Recomendação de espécies vegetais

Modelo 1:

Na primeira fase (figura 22) é necessário introduzir espécies que cumpram a função de colonizadoras, alavancando o processo de sucessão das espécies, cobrindo o solo com biomassa, conservando umidade e nutrientes no solo, criando matéria orgânica e, se possível, possam trazer ganhos econômicos ao agricultor. Como vimos os solos arenosos da área de estudo possuem baixa capacidade de troca catiônica (CTC), isso significa que há baixa capacidade de troca de cátions com a solução do solo, indispensáveis à nutrição das plantas. Por isso, no primeiro momento é importante a incorporação de espécies vegetais capazes de possibilitar a ciclagem de nutrientes, aumento da biomassa para possibilitar o aporte de matéria orgânica no solo e também a proteção do solo contra a erosão, que irá favorecer o aumento da CTC do solo. Dessa forma são propostas a semeadura de espécies forrageiras hibernais, como tremoço (*Lupinus albus*), guandu (*Cajanus cajan*), aveia-preta (*Avena strigosa*) e azevém (*Lolium multiflorum*). É necessário fazer o aporte com adubo orgânico, pois experimentos realizados na propriedade indicou que há melhores respostas da vegetação. As espécies vegetais serão introduzidas no sistema no outono, podendo ser no mês de abril, devido às condições climáticas.

O tremçoço (*Lupinus albuscens*) e o guandu (*Cajanus cajan*) são espécies leguminosas (o tremçoço é nativo) fontes de nitrogênio para o solo, possuindo elevado potencial na ciclagem de nutrientes e produção de matéria seca. O tremçoço, como visto anteriormente, obteve ótimos resultados na recuperação de solos com arenização, prevenindo a evolução de ravinas e voçorocas. Esta espécie atua como vegetação pioneira, favorecendo a colonização de outras espécies. Uma questão interessante é que nas localidades próximas da propriedade em estudo foram observados diversos indivíduos de *Lupinus albuscens*, demonstrando ser adaptada ao tipo de solo da área de estudo.

A aveia-preta (*Avena strigosa*) e o azevém (*Lolium multiflorum*) são gramíneas, que têm como característica a capacidade de sequestro de carbono, sendo eficientes no uso de água e nutrientes, possuindo vantagens em condições de alta temperatura e estresse hídrico.

Na segunda fase serão implementadas as espécies vegetais arbóreas, como o eucalipto (*Eucalyptus sp.*), que é muito encontrada na região e que os agricultores apresentam familiaridade no cultivo, possuindo potencial econômico e também sendo boa fonte de nutrientes quando manejadas; e a aroeira vermelha (*Schinus terebinthifolius*), escolhida por ser uma espécie nativa, pelo potencial no uso medicinal popular, produção da chamada pimenta-rosa, como espécie madeireira para produção de mourões. Ainda atua como espécie polinizadora, podendo aumentar a produção de mel que já existe na propriedade.

A aroeira-vermelha, sendo uma árvore pioneira, de crescimento intenso, rápida dispersão natural e diversas potencialidades medicinais, fitoquímicas e, inclusive, condimentares, é muito importante para a apicultura, pois floresce durante longos períodos, que se estendem de novembro a abril (WOLFF *et al.*, 2009).

Também serão plantadas a guabiju (*Myrcianthes pungens* (O. Berg) D. Legrand), uma espécie nativa que contém frutos de grande interesse para a avifauna e fauna silvestre, flores com potencial melífero, e também utilizado para fins medicinais e comerciais, como para produção de doces e licores. Essas espécies serão plantadas no final do mês de agosto, devido ao gradual aumento da insolação e temperatura, que aumenta o metabolismo das plantas e favorecera o crescimento. Também será levado em consideração para implantação as orientações preferenciais dos ventos com potencial erosivo (noroeste e sudeste) da região, atuando assim como quebra-ventos e com espaçamento de 2 metros, de modo que o adensamento possa ser mais eficaz como

barreira para a ação dos ventos. Após o crescimento das árvores, é possível inserir as caixas de abelhas no SAF, entre estas espécies, podendo aumentar a produção de mel.

Serão implantadas mudas do capim vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) (figura 23), com aporte de adubo orgânico, no limite da área do SAF à jusante, próximo às ravinas, com a finalidade de estabilizar e conter a erosão por escoamento superficial da água. Essa espécie foi escolhida por ter apresentado bons resultados em termos de desenvolvimento na área de estudo. Também é muito utilizada para recuperação de áreas degradadas, e reage bem mesmo sob intensos eventos de estresse ambiental, como estiagens prolongadas e queimadas. Além de apresentar essas importantes características, possui potencial econômico, por meio de matéria-prima para artesanato, extração de óleo essencial, entre outros usos, podendo ser uma importante fonte de renda para a agricultora. Nas bordas laterais serão plantadas touceiras de cana-de-açúcar, que já são produzidas pela agricultora, podendo servir como quebra-vento e também para alimentação do gado, sendo uma boa fonte de energia.

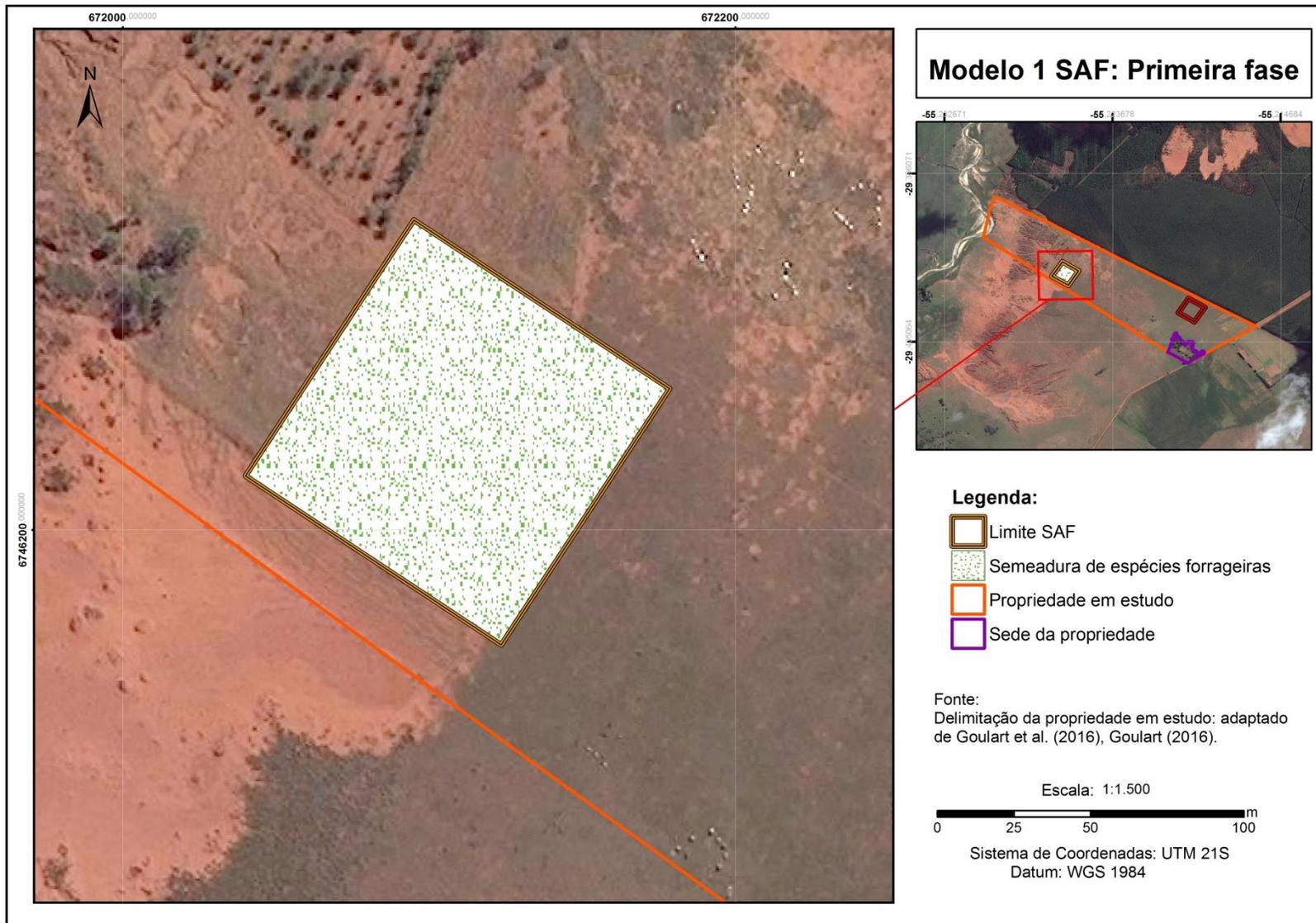


Figura 22: Modelo 1 SAF: Primeira fase. Elaborado pela autora (2019).



Figura 23: Experimento com plantio de capim vetiver (ao fundo) na propriedade em estudo. VIEIRA, C.L (2016).

Neste mesma fase serão abertas as faixas para plantio das espécies de citrus, como laranja, bergamota e limão, que já são cultivados pela agricultora e também muito produzidos na região, podendo ser um produto para comercialização; e a pitangueira (*Eugenia pitanga*), que é uma espécie nativa e demonstrou elevada adaptação aos solos arenizados, além de existir muitos indivíduos na propriedade, podendo ser fonte de renda por meio da produção de mudas. Esta fase de plantio será realizada na primavera, devido à quantidade de chuvas, e a radiação moderada. A figura 24 apresenta o modelo da segunda fase do SAF.

Na terceira fase (figura 25), entre os meses de novembro e dezembro, deverá ser realizada a poda das leguminosas e gramíneas, e abertura de covas para o plantio de espécies com potencial de comercialização e que são cultivados na propriedade, como melancia, abacaxi, mandioca e abóbora, alternando as linhas de plantio.

É importante ressaltar que é fundamental que, como a área determinada para implantação do SAF, localiza-se no meio da propriedade, haja um isolamento contra a interferência do gado, pois os animais costumam transitar por toda a extensão da propriedade em busca da dessedentação na sanga da Areia, localizada no limite à jusante. É interessante que seja disposto um “caminho” para o trânsito animal, isolando o perímetro erosivo, e também sejam colocados

troncos de árvores ao longo das ravinas, como eucalipto que existe em abundância na região, para que os animais não acentuem o processo de ravinamento.

Conforme visto em estudos na propriedade, o aporte de matéria orgânica é essencial para que haja resposta das culturas. Dessa forma, para este modelo propõe-se o acompanhamento e aporte de matéria orgânica nos primeiros anos, podendo ocorrer até o segundo ano.

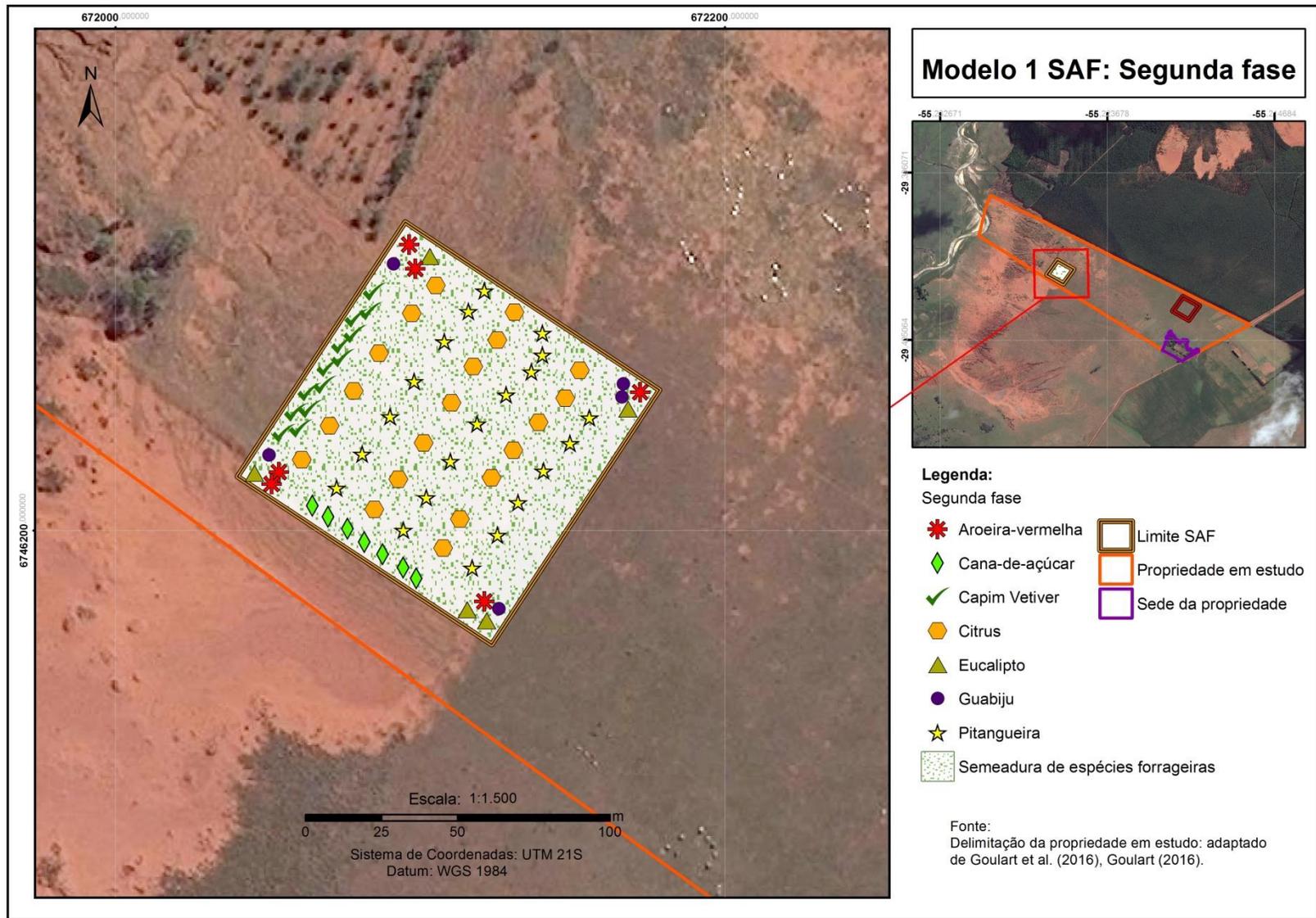


Figura 24: Modelo 1 SAF: Segunda fase. Elaborado pela autora (2019).

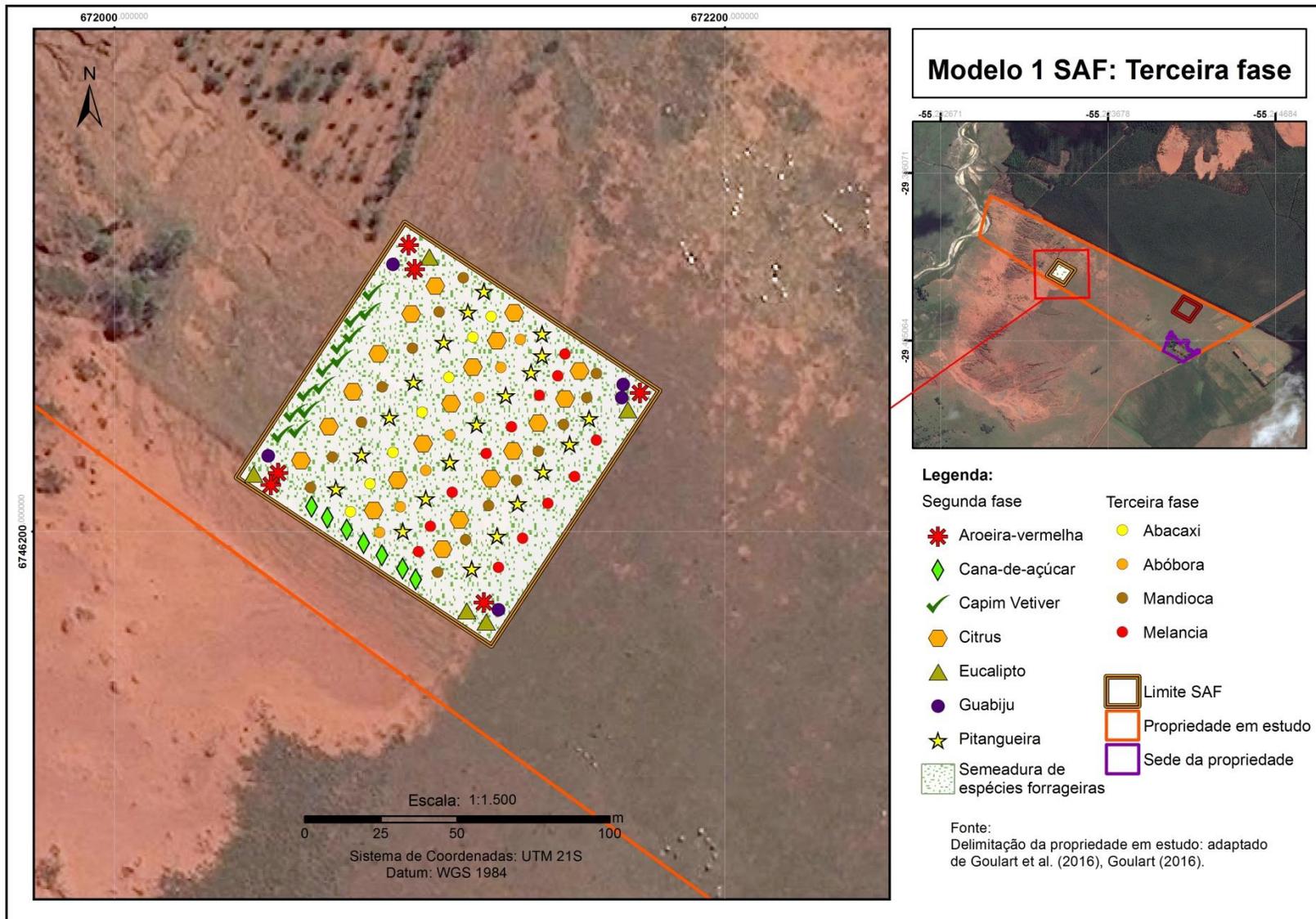


Figura 25: Modelo 1 SAF: Terceira fase. Elaborado pela autora (2019).

Modelo 2:

Este modelo (figura 26) trata-se, como mencionado anteriormente, de um sistema silvipastoril. Inicialmente se propõe fazer o isolamento da área e a introdução de espécies nativas. Para tanto, foi elaborada uma lista com espécies vegetais identificadas na região, utilizando como base os estudos de Freitas *et al.* (2009) e Freitas (2010) – Figura 26. Nesta lista levou em consideração potenciais para recuperação de áreas degradadas/ resistência ao processo de arenização, utilização para pastejo, uso medicinal, valor ornamental e espécies em extinção no estado (SEMA, 2002). Dessa forma, serão introduzidas a grama-cinzenta (*Paspalum lepton*), por ser uma gramínia com grande presença no campo pastejado, *Vernonia macrocephala*, também uma espécie adaptada ao pastejo, e capim-rasteiro (*Dichantelium sabulorum*), importante para o pastejo por possuir grande valor nutritivo. O tremoço (*Lupinus albus*) será implantado por sua importância para a recuperação de áreas degradadas, podendo até ser uma fonte para o plantio no restante da propriedade. Também serão introduzidas espécies como a *Portulaca grandiflora* (Onze-horas), por já haver na propriedade e ter um grande valor ornamental, e também a *Vernonia nudiflora* (alecrim-do-campo), por seu valor ornamental e uso medicinal. Essas espécies serão introduzidas no mês de abril, pela quantidade de água disponível através das chuvas e temperaturas não muito elevadas, podendo favorecer o crescimento das mesmas.

As espécies arbóreas serão plantadas no final de agosto, devido insolação e temperatura, em linhas de leste a oeste, para possibilitar a ampla passagem da luz solar, facilitando também o crescimento do espécies vegetais nativas nas entrelinhas. Para que o gado possa utilizar a área para pastejo, sem prejudicar o crescimento das árvores, pode-se colocar proteções no entorno das plantas. As espécies arbóreas recomendadas são eucalipto (*Eucalyptus* sp.) e aroeira vermelha (*Schinus terebinthifolius*), de acordo com o modelo 1.

No arranjo de um SAF, que também tem a finalidade de recuperar áreas degradadas, é importante escolher espécies vegetais que estão adaptadas às condições do meio, sendo capaz de proporcionar um melhor aproveitamento do solo, reduzindo ou até mesmo estabilizando as perdas pelo fluxo concentrado de água da chuva, além de proporcionar cobertura vegetal rápida e com grande produção de biomassa. Outra questão fundamental é a implantação desta cobertura vegetal no período adequado, para que haja sucesso na implantação, em termos de disponibilidade de radiação e umidade suficientes para seu desenvolvimento.

Nos SAF também é possível a implementação de espécies exóticas, além do uso de insumos, como matéria orgânica, principalmente na fase inicial. Conforme Götsch (1995), o uso de insumos em sistemas de produção são estratégias para suprir a falha na sucessão, quando o ambiente não está apto para acolher aquelas plantas que foram introduzidas.

A escolha das espécies obedece aos estágios sucessionais. As espécies pioneiras são, de acordo com Götsch (1995), aquelas que recobrem o solo, com hábito decumbente ou prostrado, que se desenvolvem bem a pleno sol, produzem grande quantidade de sementes e formam muitos indivíduos. As outras espécies dentro dos estágios sucessionais correspondem às secundárias, intermediárias e transicionais. O clímax é o resultado da otimização dos fatores de radiação, nutrientes e umidade pelas formas vivas, ou seja, o processo de evolução conjunta da fauna, flora e ambiente. A sucessão de espécies é o veículo de reorganização da complexidade rumo ao clímax (VIVAN, 1998).

Conforme discutido ao longo deste estudo, é desejável que um SAF possua características relacionadas com a rápida cobertura vegetal do solo, proporcionando matéria orgânica, o estabelecimento de produção de alimentos de forma planejada e produção de espécies vegetais que serão utilizadas como fertilizantes, por meio das podas, e também possuam outros usos, como madeira, lenha, atue como polinizador, e ainda estimulem a regeneração da flora e da fauna nativas.

Espécie	Família	Características				RAD		
		Pastejo	Medicinal	Ornamental	Extinção			
<i>Eugenia pitanga</i> (Pitanga-do-campo)	Myrtaceae	Apresenta resistir ao processo da arenização. Apresenta raízes extensas, reduzindo a competição entre as espécies por recursos hídricos capacidade de sustentar os indivíduos em solos arenosos sujeitos à mobilidade por vento e água.	SIM					
<i>Paspalum lepton</i> (Grama-cinzenta)	Poaceae	Apresenta resistir ao processo da arenização. Presença marcante desta gramíneas reptantes no campo pastejado e ausência no campo excluído.	SIM					
<i>Portulaca grandiflora</i> (Onze-horas)	Portulacaceae	Apresenta resistir ao processo da arenização. Possui elevado valor ornamental. Ocorrência de caracteres adaptativos, apresentando succulência em folhas e ramos.			SIM			
<i>Portulaca</i> sp. (Onze-horas)	Portulacaceae	Apresenta elevado valor ornamental. Apresenta resistir ao processo da arenização, com elevado teor de água, evitando que sejam queimadas, reflexo de uma adaptação relictual a ambientes áridos.				SIM		
<i>Vernonia macrocephala</i>	Asteraceae	Oferecem boa proteção ao solo contra os processos erosivos em razão da sua estrutura vegetativa. Uma principais espécies adaptadas ao campo de pastejo intenso	SIM					
<i>Campomanesia aurea</i> (Guabiobeira-do-campo)	Myrtaceae	Oferecem boa proteção ao solo contra os processos erosivos em razão da sua estrutura vegetativa.	SIM					
<i>Myrcia verticillaris</i>	Myrtaceae	Oferecem boa proteção ao solo contra os processos erosivos em razão da sua estrutura vegetativa.	SIM					
<i>Dichanthelium sabulorum</i> (Capim-rasteiro)	Poaceae	Espécie importante para o pastejo, por apresentar alto valor nutritivo.			SIM			
<i>Sporobolus indicus</i> (Capim-tourcinha)	Poaceae	Espécies são importantes para o pastejo, que apresenta boa palatabilidade antes da emissão da inflorescência. Esta espécie, por apresentar sistema radicular denso e profundo, e uma das poucas gramíneas cespitosas que não sofre com o intenso pisoteio do gado.			SIM			
<i>Chaptalia nutans</i> (Arrica-do-mato)	Asteraceae	Apresentam propriedades medicinais.				SIM		
<i>Euphantopus mollis</i> (Eva-de-colégio)	Asteraceae	Apresenta propriedades medicinais. Diminuição de indivíduos no mês de maio, em consequência da estiagem.				SIM		
<i>Vernonia nudiflora</i> (Alecim-do-campo)	Asteraceae	Apresenta propriedades medicinais e valor ornamental.				SIM	SIM	
<i>Plantago tomentosa</i> (Tansagem)	Plantaginaceae	Apresenta propriedades medicinais.				SIM		
<i>Desmodium incanum</i> (Pega-pega)	Fabaceae	Apresenta propriedades medicinais.				SIM		
<i>Waltheria douradinha</i> (Douradinha-do-campo)	Malvaceae	Apresenta propriedades medicinais, e está incluída na lista das espécies ameaçadas de extinção (SEMA, 2002).				SIM	SIM	
<i>Echinopsis oxygona</i>	Cactaceae	Apresenta elevado valor ornamental. Essa espécie está incluída na lista das espécies ameaçadas de extinção (SEMA, 2002).					SIM	
<i>Eugenia arenosa</i>	Myrtaceae	Espécie incluída na lista das espécies ameaçadas de extinção (SEMA, 2002). Apresenta raízes extensas, reduzindo a competição entre as espécies por recursos hídricos capacidade de sustentar os indivíduos em solos arenosos sujeitos à mobilidade por vento e água, como a <i>Eugenia pitanga</i> .					SIM	
<i>Lupinus albebensis</i>	Fabaceae	Observada na área excluída do pastejo nos locais de maior percentual de solo exposto, parece ter grande importância na recuperação das áreas arenizadas, atuando como colonizadora natural dessas áreas cobertas por areia (FREITAS, 2010 apud NOVEDDER et al., 2005).			SIM			

Figura 26: Lista das espécies vegetais dos campos com arenização no Sudoeste do RS. Adaptado de Freitas et al. (2009) e Freitas (2010). *Coloração amarela corresponde às espécies encontradas na área de estudo.

6. CONCLUSÕES

Os resultados deste trabalho possibilitaram confirmar a hipótese de que é possível propor um modelo de sistema agroflorestal para recuperação de áreas em processo de arenização. Os procedimentos metodológicos adotados foram satisfatórios para subsidiar a construção do modelo proposto. Pode-se afirmar também que todos os procedimentos metodológicos foram utilizados em todas as etapas do trabalho.

O amplo arcabouço teórico, o mapeamento de uso e cobertura da terra e os questionamentos feitos aos agricultores sobre a arenização na região sudoeste do estado e, mais especificamente, do município de São Francisco de Assis, foi fundamental para que fosse possível identificar e escolher o local a ser implantado o SAF e as espécies vegetais cultivadas, bem como as espécies nativas adaptadas ao solo arenoso da região.

A definição do modelo de SAF contempla a necessidade da propriedade, em termos de produtividade e também na recuperação da área, a partir da procura de espécies e locais de implantação de modo a conter os processos erosivos ocorrentes.

Através dos questionamentos realizados com os agricultores e um técnico da EMATER, foi possível verificar que há possibilidades de fomento para a agricultura alternativa, por meio de programas de incentivos, como o PRONAF Agroecologia e o Fundo Municipal para a Agricultura, no entanto não há procura. Isso pode estar relacionado com a falta de programas de extensão que incentivam esse tipo de produção. Também pode estar associado com questões históricas e culturais dos agricultores, pois, através das entrevistas, foi possível identificar que estes identificam os processos erosivos, entendem estar relacionados com o tipo de solo arenoso, mas não os associam ao uso e manejo. Quando questionados sobre a melhor forma para conter a erosão, acreditam que pode ser por meio do cultivo de soja ou de eucalipto, mesmo reconhecendo que essas práticas costumam não ser exitosas.

Dessa forma, constatou-se que os sistemas agroflorestais podem ser um bom caminho para a agricultura em áreas com processo de arenização na região deste estudo, porém necessitam de programas de incentivo dos órgãos de extensão rural e profissionais capacitados, com o olhar sistêmico, relacionando o conhecimento dos condicionantes naturais, planejamento do uso e

manejo do solo, e conhecimento tradicional dos agricultores, visando não somente a produtividade, mas também a conservação do ecossistema.

Sendo assim, entende-se que este estudo pode contribuir com uma alternativa de uso da terra a partir da perspectiva agroflorestal para áreas em processo de arenização no bioma Pampa. Estudos posteriores podem verificar a eficácia deste modelo de SAF, bem como se os arranjos vegetacionais propostos podem ser adotados em áreas com menor grau de degradação, observadas naquele bioma.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB'SABER, A. N. A revanche dos ventos: a destruição de solos areníticos e formação de areais na Campanha Gaúcha. In: **Ciência e Ambiente**, **11**: 7-32, 1995.

ALTIERI, M., NICOLLS, C.I. Agricultura tradicional y conservación de la biodiversidad. In.: ALTIERI, M. **Agroecología: teoría y práctica para una agricultura sustentable**. México: PNUMA, 2000. Pp: 181-192.

ALTIERI, M. **Agroecologia: a dinâmica produtiva da agricultura sustentável**. 5.ed. Porto Alegre: Editora UFRGS, 2009.

AZEVEDO, A.C.; DALMOLIN, R.S. **Solos e ambiente: uma introdução**. Santa Maria: Editora Pallotti, 2004.

BALEM, T. A.; SILVEIRA, P. R. C. Agroecologia: além de uma ciência, um modo de vida e uma política pública. In: **Simpósio IESA/SBSP, 5, 2002, Florianópolis. Anais. Florianópolis: EPAGRI, 2002**.

BASSO, C.J.; CERETTA, C.A.; SILVA, L.S. Manejo da fertilidade dos solos arenosos do bioma Pampa. In: PEDRON, F.A.; DALMOLIN, R.S.D. (Org.). **Solos arenosos do bioma Pampa**. Santa Maria: Editora UFSM, 2019, 218 p.

BALEM, T. A. **Um processo de transição agroecológica: o caso da Associação Nossa Senhora Aparecida, Santa Maria/RS, Brasil**. Santa Maria, 2004. Dissertação (Pós-Graduação em Extensão Rural) – Universidade Federal de Santa Maria, 2004. 130 p.

BECHARA, F.C. **Unidades Demonstrativas de Restauração Ecológica Através de Técnicas Nucleadoras: Floresta Estacional Semidecidual, Cerrado e Restinga**. 2006, 249 f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

BERKES, F.; FOLKE, C.; GADGIL, M. Traditional ecological knowledge, biodiversity, resilience and sustainability. In: PERRINGS, C.S.; MALER, K.G.; FOLKE, C.; HOLLING, C.S.; JANSSON, B.O. (eds.) **Biodiversity conservation. Problems and policies**. Dordrecht: Kluwer Academic Press, 1995. Pp: 281-300.

BINDA, A.L. **Eventos hidrológicos extremos e morfodinâmica fluvial em area afetada por processos de arenização no Sudoeste do Rio Grande do Sul – Bacia Hidrográfica do Arroio Miracatu**. Tese (Doutorado em Geografia). Porto Alegre: Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2016. 280 fl.

BOLDRINI, I.I.; FERREIRA, P.M.A.; ANDRADE, B.O.; A.A.S.; SETUBAL, R.B.; TREVISAN, R.; FREITAS, E.M.F. **Bioma Pampa: diversidade florística e fisionômica**. Porto Alegre: Editora Pallotti, 2010. 64 p.

BOLFE, A.P.F. Sistemas agroflorestais sucessionais: uma prática agroecológica. **Ciências & Ambiente**. Universidade Federal de Santa Maria, v. 1, n. 1, jul. 1990. Santa Maria.

BRADY, N.C., WEIL, R.R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. 3ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

BRANCALION, P.H.S; GANDOLFI, S.; RODRIGUES, R.R. **Restauração Florestal**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

BRASIL. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA. **Instrução Normativa Nº 04 de 13 de abril de 2011**. Estabelece procedimentos para elaboração de Projeto de Recuperação de Área Degradada – PRAD ou Alterada, para fins de cumprimento da legislação ambiental. Brasil, 2011.

BRASIL. **Lei N 12.854 de 26 de agosto de 2013**. Fomenta e incentiva ações que promovam a recuperação florestal e a implantação de sistemas agroflorestais em áreas rurais desapropriadas e em áreas degradadas, nos casos que especifica. Congresso Nacional. Brasília. 2013.

CANEPPELE, J. C. G. **Espacialização da arenização a partir da Ecodinâmica e da Cartografia Ambiental**. Dissertação (Mestrado). Instituto de Geociências. Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2017. 129 f.

CARDOSO, J.H.; OLANDA, R. B.; MAYOR, E.R.S. Experiência agroflorestal em área de assentamento de reforma agrária: muito mais do que uma iniciativa – Herval, RS, 2013. **Cadernos de Agroecologia**, 8 (2), 2013.

CARDOSO, J. H. **Licenciamento de áreas agroflorestais de base ecológica com espécies nativas do estado do Rio Grande do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2016. 34 p. (Documentos/ Embrapa Clima Temperado, 423).

COELHO, G. C. **Sistemas Agroflorestais**. São Carlos, SP: Rima, 2012. 206 p.

CORDANI, U.G.; VANDOROS, P. Basaltic rocks of the Paraná Basin. In: BIGARELLA, J.J.; BECKER, R.D.; PINTO, I.D. (Eds). **Problems in Brazilian Gondwana geology**. Curitiba: UFPR, pp: 203-231, 1967.

DAL PIVA, F.D. **Identificação e mapeamento dos processos erosivos hídricos, relacionados à arenização – São Francisco de Assis – RS**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geografia). Porto Alegre: Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2015. 44 fl.

DONAZZOLO, J.; BALEM, T.A.; SILVEIRA, P.R.C. Conhecimento tradicional: base para o desenho de sistemas agroflorestais. **Extensão Rural**, 19 (2), 2012.

ELTZ, F.L.F.; ROVEDDER, A.P.M. Revegetação e temperatura do solo em áreas degradadas no sudoeste do Rio Grande do Sul. **R. Bras. Agrocência**, 11 (2): 193-200, 2005.

ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. **Lei N 9.519, de 21 de janeiro de 1992**. Institui o Código Florestal do Estado do Rio Grande do Sul e dá outras providências. Assembleia Legislativa. Porto Alegre. 1992.

ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. **Decreto nº 38.355, de 01 de abril de 1998**. Estabelece as normas básicas para o manejo dos recursos florestais nativos do Estado do Rio Grande do Sul de acordo com a legislação vigente. Disponível em: <<http://www.mp.rs.gov.br/ambiente/legislacao/id591.htm>>. Acesso em: 22 set. 2012.

FERREIRA, L. R. **As agroflorestas como expressões do desenvolvimento rural no Rio Grande do Sul: uma análise a partir da produção de novidades**. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Ciências Econômicas, Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Rural, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2014, 148 f.

FREITAS, E.M.; BOLDRINI, I.I.; MULLER, S.C.; VERDUM, R. Florística e fitossociologia da vegetação de um campo sujeito à arenização no sudoeste do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. **Acta Bot. Bras.**, 3 (2): 414-426, 2009.

FREITAS, E. M. **Campos de Solos Arenosos do Sudoeste do Rio Grande do Sul: Aspectos Florísticos Adaptativos**. Tese (Doutorado) – Instituto de Biociências, Programa de Pós-Graduação em Botânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010. 171 f.

FUJIMOTO, N.S.V.M.; GONÇALVES, F.S.; ZANCANARO, C. Caracterização das Formas de Relevo em Degraus de Abatimento nos municípios de Manoel Viana e São Francisco de Assis, Região Sudoeste do Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, 11, p. 69-74, 2010.

GADGIL, M.; BERKES, F.; FOLKE, C. Indigenous knowledge for biodiversity conservation. **Ambio**, v. 22, n. 2-3, p. 151 – 156, 1993.

GIEHL, E. L. H. **Flora digital do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Disponível em: <http://ufrgs.br/fitoecologia/florars>

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. Ed. – São Paulo: Atlas, 2008.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**, 3.ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2005.

GÖTSCH, E. **Break-through in agriculture**. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1995. 22 p.

GOULART, A. G. **Proposta de diagnóstico ambiental, através da análise de elementos do meio e da morfodinâmica em propriedade rural, São Francisco de Assis - RS**. Trabalho de Conclusão de Curso. Instituto de Geociências, Departamento de Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2016, 70 f.

GOULART, A. G.; VIEIRA, C. L.; SILVA, T. M.; VERDUM, R. Influência do relevo, cobertura vegetal e atributos do solo para a ocorrência de processos erosivos no município de São Francisco de Assis/RS. **XI Simpósio Nacional de Geomorfologia – SINAGEO; 2016, Set 15 – 21;** Maringá – PR.

GUASSELLI, L.A. *et al.* Definição de padrões de formas das vertentes relacionadas com a ocorrência dos areais, através de dados geomorfométricos, em sub-bacias da Bacia Hidrográfica do Rio Ibicuí – RS. In: **XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Natal. Anais XIV SBSR, 2009.**

HASENACK, H.; CORDEIRO, J.L.P. & COSTA, B.S.C. 2007. Cobertura vegetal atual do Rio Grande do Sul. In: **Sustentabilidade produtiva no Bioma Pampa. II Simpósio de Forrageiras e Produção Animal.** Dall; Agnol, M.; NABINGER, C.; SANT’ANNA, D.M., SANTOS, R.J. Departamento de Forrageiras e Agrometeorologia – UFRGS, Porto Alegre, pp. 15-22.

JABUR, I.C. O grupo São Bento no Rio Grande do Sul. **Boletim de Geografia, 3 (3):** 109 – 152. 1985.

LAMÔNICA, K. R.; BARROSO, D. G. **Sistemas agroflorestais: aspectos básicos e recomendações.** Niterói: Programa Rio Rural, 2008.

MAFRA, N.M.C. Erosão e planificação de uso do solo. In: Guerra, A.J.T.; SILVA, A.S.; BOTELHO, R.G.M. (Org.). **Geomorfologia: conceitos, temas e aplicações.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. 340p.

MEDEIROS, E.R.; PEDRON, F.A.; REINERT, D.J.; SCOTTI, A.A.V. Filiação entre arenitos da Formação Guará e sua cobertura pedológica no Rio Grande do Sul. **R. Bras. Ci. Solo, 37:** 555-564, 2013.

MEURER, E. J. **Fundamentos da Química do Solo.** Porto Alegre: Genesis, 2000.

MORENO, J.A. Clima do Rio Grande do Sul. **Boletim Geográfico do Rio Grande do Sul,** n. 11, 49-83, 1961

MÓSENA, M. (2006) **Agricultura em áreas frágeis: as transformações decorrentes do processo de arenização em São Francisco de Assis/RS.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 143p.

NAIR, P. K. R. **An introduction to Agroforestry.** Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1993. 499p.

NARDY, A.J.R. **Geologia e petrologia do vulcanismo mesozóico da Região Central da Bacia do Paraná.** Tese (Doutorado em Geologia). Rio Claro: IGCE-UNESP, 1996. 316p.

NARDY, A.J.R.; OLIVEIRA, M.A.F.; BETANCOURT, R.H.S.; VERDUGO, D.R.H.; MACHADO, F.B. Geologia e Estratigrafia da Formação Serra Geral. **Geociências**, **21** (1/2): 15-32, 2002.

OKIDO, R.H. **Paisagens em transformação: da técnica à percepção. Estudo sobre o avanço da lavoura de grãos nos municípios de São Francisco de Assis e Manoel Viana**. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2016. 162 fl.

PENEIREIRO, F L. **Sistemas agroflorestais dirigidos pela sucessão natural: um estudo de caso**. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo. Piracicaba, 1999. 149 fl.

PERSKE, R. C. F. **Sistemas agroflorestais em pequenas propriedades no Município de Hulha Negra**. Bagé: URCAMP, 2004. Monografia de Especialização (Gestão Ambiental). Bagé: Universidade da Região da Campanha - Curso de Pós-Graduação em Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente, 2004.

REIS, G.S.; MIZUSAKI, A.M.; ROISENBERG, A.; RUBERT, R.R. Formação Serra Geral (Cretáceo da Bacia do Paraná): um análogo para os reservatórios ígneo-básicos da margem continental brasileira. **Pesquisas em Geociências**, 41 (2): 155-168, 2014.

RIBASKI, J. DEDECEK, R. A. MATTEI, V. L. FLORES, C. A. VARGAS, A. F. C. RIBASKI, S. A. G. **Sistemas silvipastoris: estratégias para o desenvolvimento rural sustentável para a Metade Sul do Estado do Rio Grande do Sul**. Agropecuária -. Colombo, PR: EMBRAPA Florestas, 2005. (Comunicado Técnico 150)

ROVEDDER, A.P.M. 2007. **Potencial do *Lupinus albus* Hook. & Arn. para recuperação de solos arenizados do bioma Pampa**. Tese (Doutorado em Ciência do Solo). Santa Maria, UFSM. 2007. 154f.

ROVEDDER, A.P.M.; ALMEIDA, C.M.; ARAUJO, M.M; TONETTO, T.S.; SCOTTI, M.S.V. Relação solo-vegetação em remanescente da floresta estacional decidual na Região Central do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, 44 (12): 2178-2185, 2014.

SALOMÃO, F.X.T. Erosão e conservação dos solos. In: Guerra, A.J.T.; SILVA, A.S.; BOTELHO, R.G.M. (Org.). **Geomorfologia: conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. 340p.

SCHERER, C.M.S.; FACCINI, U.F.; LAVINA, E.L. Arcabouço estratigráfico do Mesozóico da Bacia do Paraná. In: HOLZ, M.; DE ROS, L.F. (Eds). **Geologia do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: CIGO/UFRGS, 2000, p.335-354.

SCHERER, C.M.S.; LAVINA, E.L.C. Sedimentary cycles and facies architecture of Aeolian - fluvial strata of the Upper Jurassic Guará Formation, southern Brazil. **Sedimentology**, **52**:1323-1341, 2005.

SCHERER, C.M.S.; LAVINA, E.L.C. Stratigraphic evolution of fluvial-eolian succession: the example of the Upper Jurassic-Lower Cretaceous Guar and Botucatu formations, Paraná Basin, Southern Brazil, **Gondwana Research**, **9**, 2006.

SCOPEL, I.; SOUSA, M.S.; PEIXINHO, D.M. **Indicaes para uso e manejo de solos arenosos no Sudoeste de Goiás**. Jataí – Goiás: Gráfica Rápida, 2011. 28 p.

SOUTO, J.J.P. **Deserto, uma ameaça? Estudo dos núcleos de desertificao na fronteira sudoeste do RS**. Porto Alegre: DRNR – Diretoria Geral, Secretaria da Agricultura, 1985. 169 p.

STEENBOCK, W.; SILVA, R. O.; FROUFE, L. C. M.; SEOANE, C. E. Agroflorestas e sistemas agroflorestais no espaço e no tempo. In: Steenbock, W. (Org). **Agrofloresta, ecologia e sociedade**. Curitiba: Kairós, 2013. P. 39 – 60.

STRECK, E.V.; FLORES, C.A.; SCHNEIDER, P (Clbs). **Solos do Rio Grande do Sul. 3 ed.** Porto Alegre: Emater/RS-Ascar, 2018. 252 p.

SUERTEGARAY, D. M. A. **A Trajetória da Natureza: Um Estudo Geomorfológico Sobre os Areais de Quaraí – RS**. Tese de Doutorado. São Paulo: USP, 1987.

SUERTEGARAY, D. M. A.; SILVA, A. P.; GUASSELLI, L. A.; (org). **Arenizao: Natureza Socializada**. Porto Alegre: Compasso Lugar-Cultura: Imprensa Livre, 2012.

SUGUIO, K.; BIGARELLA, J.J. **Ambientes fluviais**. 2 ed. Florianópolis: Editora da UFSC/UFPR, 1990. 183p.

TRAININI, D.R. A influência da neotectnica no assoreamento de bacias. In: **XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. João Pessoa: ABRH**, 2005. 9 p.

TRENTIN, R.; ROBAINA, L. E. S.; SCCOTI, A. A. V. Determinao dos litótipos aflorantes na bacia hidrográfica do rio Ibicuí, RS. **Geografia Ensino & Pesquisa**, **19** (2), 2015.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE, Diretoria Técnica, SUPREN, 1977. 91 p.: il.

TRINDADE, J.P.P. **Processos de degradao e regenerao da vegetao campestre do entorno de areais do sudoeste do Rio Grande do Sul**. 2003. 161 f. Tese (Doutorado) – Porto Alegre: Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

VASCONCELOS SOBRINHO, J. D. **Metodologia para identificao de processos de desertificao. Manual de indicadores**. Recife, SEMA/SUDENE. 1978.20p.

VERDUM, R. **Approche géographique des “deserts” dans les communes de São Francisco de Assis et Manoel Viana, tat du Rio Grande do Sul, Brésil**. 1997. 210 p. Tese (Doutorado) – Universit de Toulouse Le Mirail, UFR de Géographie et Aménagement, Toulouse, 1997.

VERDUM, R. Depressão periférica e planalto: potencial ecológico e utilização social da natureza. In: VERDUM, R.; BASSO, L.A.; SUERTEGARAY, D.M.A. (Org). **Rio Grande do Sul: paisagens e territórios em transformação**. Porto Alegre: UFRGS, 2004. Pp: 39-57.

VERDUM, R. Depressão periférica e planalto. Potencial ecológico e utilização social da natureza. In: VERDUM, R.; BASSO, L.A.; SUERTEGARAY, D.M.A. (Org). **Rio Grande do Sul: Paisagens e Territórios em Transformação. 2. Ed.** Porto Alegre: Editora da UFRGS. 2012.

VERDUM, R.; SUERTEGARAY, D.M.A. A morfodinâmica no areais: os processos e as formas no presente. O tempo que faz (Weathering). SUERTEGARAY, D. M. A.; SILVA, A. P.; GUASSELLI, L. A.; (org). **Arenização: natureza socializada**. Porto Alegre: Compasso Lugar-Cultura: Imprensa Livre, 2012.

VIEIRA, C.L. **Emprego de técnicas mecânico-vegetativas em ravinamento no areal em São Francisco de Assis – sudoeste do Rio Grande do Sul**. Dissertação (Mestrado em Geografia). Porto Alegre: Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2012. 163 fl.

VIEIRA, C.L. **Caracterização geomorfológica, análise ambiental integrada e avaliação do potencial de resiliência em solos arenosos no Sudoeste do RS**. Tese (Doutorado em Ciências). Rio de Janeiro: Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2018. 291 fl.

VIVAN, J.L. **Agricultura e florestas: princípios de uma interação vital**. Guaíba: Agropecuária, 1998. 207 p.

WEBBER, C.L. **Característica e morfologia de crostas biológicas de solo em areais do sudoeste do Rio Grande do Sul**. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2016. 137 fl.

WOLFF, L.F.; CARDOSO, J.H.; SCHWENGBER, J.E.; SCHIEDECK, G. **SAF apícola: sistema agroflorestal integrando abelhas melíferas africanizadas, abelhas nativas sem ferrão, aroeira-vermelha e videiras em propriedade familiar de base ecológica**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2009. 24 p. (Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 84)

Links Web:

FEPAM – Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler – **RS. Bacia Hidrográfica do Rio Ibicuí, 2016**. Disponível em <http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/bacia_uru_ibicui>. Acesso em 15 de setembro de 2017.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Agropecuário 2017 Disponível em: <https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/templates/censo_agro/resultadosagro/index.html>. Acesso em: 19 de setembro de 2019.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Bioma Pampa**. 2004. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em 10 de setembro de 2017.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades. **Censo 2010**. Disponível em <<http://cidades.ibge.gov.br/>>. Acesso em 10 de setembro de 2017.

INCRA - Instituto de Colonização e Reforma Agrária. **Índice Básico de Módulos Fiscais por Município**, 2013. Disponível em < <http://www.incra.gov.br/>> . Acesso em 10 de setembro de 2017.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/biomas/pampa>>. Acesso em 10/11/2017.

APÊNDICE A

Roteiro da entrevista:

Perguntas para o técnico da EMATER

1. Quais são os aspectos positivos para a agricultura no município?
2. Quais as dificuldades para a agricultura no município?
3. Quais são as queixas dos agricultores em relação ao ambiente, como solo, disponibilidade hídrica, etc?
4. Quais são as culturas mais cultivadas em São Francisco de Assis pela agricultura familiar?
5. Quais os principais cultivos para subsistência na agricultura familiar?
6. Existe produção orgânica na região? Se positivo, quais as culturas mais cultivadas?
7. Existe mercado consumidor e canais de comercialização de produtos orgânicos na região?
8. Tu conheces alguma propriedade na região que utilize cultivos consorciados, como sistema agroflorestal, silvipastoril ou outro?

9. Em relação a áreas degradadas, o que os agricultores da região utilizam (técnicas, espécies) para recupera-las?
10. Tu conheces alguma propriedade na região que tenha a produção de alguma cultura ou área de pasto diminuída por processos erosivos ocorrentes?
11. Existem linhas de financiamento para a produção orgânica, agroecológica?
12. Qual banco ou cooperativa que possui linha de crédito para a produção rural em São Francisco de Assis?

Perguntas para agricultores:

1. Quais são as facilidades para trabalhar com a agricultura?
2. Quais as dificuldades para a para trabalhar com a agricultura?
3. Você tem alguma queixa em relação ao ambiente, como solo, disponibilidade de água (chuva, seca) ou outra coisa?
4. Quais plantas você considera que se adapta melhor ao tipo de solo do município?
5. Você possui na sua propriedade plantas nativas?
6. Dispõe de mão-de-obra externa ou maneja a terra sozinha?
7. Existe problema em contratar mão-de-obra externa?
8. Quanto tempo por dia ou semana dispõe para trabalhar na agricultura?
9. O que você acha da produção de alimentos orgânicos?
10. Você considera que existe mercado consumidor e locais de comercialização de produtos orgânicos na região?
11. Quais as perspectivas futuras que você enxerga para a agricultura no seu município?
12. Você tem na sua propriedade áreas com erosão? Ou sabe de alguma propriedade que tenha?
13. Se você tem ou conhece áreas com erosão, isso fez com que perdesse produtividade? O que foi feito para conter a erosão?
14. Qual banco ou cooperativa que possui linha de crédito para financiamentos para a produção rural em São Francisco de Assis? Você já utilizou algum?
15. Já ouviu falar em cultivos consorciados, como agroecológico e sistemas agroflorestais?