

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA  
CURSO DE BACHARELADO EM GEOGRAFIA

ALINE GOMES GOULART

PROPOSTA DE DIAGNÓSTICO AMBIENTAL, ATRAVÉS DA ANÁLISE DE  
ELEMENTOS DO MEIO E DA MORFODINÂMICA EM PROPRIEDADE RURAL,  
SÃO FRANCISCO DE ASSIS – RS.

PORTO ALEGRE

2016

ALINE GOMES GOULART

PROPOSTA DE DIAGNÓSTICO AMBIENTAL, ATRAVÉS DA ANÁLISE DE  
ELEMENTOS DO MEIO E DA MORFODINÂMICA EM PROPRIEDADE  
RURAL, SÃO FRANCISCO DE ASSIS – RS.

Estudo apresentado na forma de Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), como pré-requisito para a obtenção do título de Bacharel em Geografia.

Orientador:

Prof. Dr. Roberto Verdum

Coorientadora:

Agrôn. Ms. Carmem Lucas Vieira

PORTO ALEGRE

2016

ALINE GOMES GOULART

PROPOSTA DE DIAGNÓSTICO AMBIENTAL, ATRAVÉS DA ANÁLISE DE  
ELEMENTOS DO MEIO E DA MORFODINÂMICA EM PROPRIEDADE RURAL,  
SÃO FRANCISCO DE ASSIS – RS.

Porto Alegre, 15 de dezembro de 2016

BANCA EXAMINADORA

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. SILVANA BRESSAN RIFFEL

Prof. Dr. ULISSES FRANZ BREMER

Prof. Dr. ROBERTO VERDUM (orientador)

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, no qual entendo ser a dinâmica natural das coisas, que propiciou para que eu esteja aqui, realizando um grande sonho.

Agradeço à minha mãe Simone Pereira Gomes, pela mulher guerreira, batalhadora e incansável, que me inspira todos os dias. Com certeza, se cheguei até aqui, é porque ela sempre me estimulou mostrando confiança e orgulho nas minhas escolhas.

À minha segunda mãe, Diana Duarte, por me inspirar na força de vontade e em acreditar que sempre podemos alcançar o que queremos.

Agradeço muito ao meu companheiro Eduardo Casagrande, pelo carinho e amor dedicados, pelo apoio incondicional, compreendendo as minhas inúmeras faltas devido às saídas a campo ao longo do curso, até mesmo participando e ajudando em uma delas. Por todas as vezes que ficou do meu lado, me estimulando a estudar, por sempre ter me incentivado, me encorajando nos momentos mais difíceis, e pela incrível generosidade, estando sempre pronto a ajudar.

Aos meus irmãos Amanda Gomes Goulart, Paulo Roberto Gomes Goulart e Luiz Fernando Gomes Goulart: amo muito vocês e sei que, mesmo com alguns “desentendimentos de vez em quando”, temos a certeza do apoio um do outro.

Ao meu amado sobrinho Miguel Gomes Fonseca que, mesmo tão pequeno, me faz muito feliz e me divertiu muito nos momentos de aflição.

À minha amiga, irmã de coração e parceira Carmem Lucas Vieira, por ter me recebido de braços abertos em sua pesquisa, compartilhando ensinamentos, encorajando e acreditando em mim sempre. Sem dúvida este trabalho não seria possível sem o seu auxílio e compartilhamento de ideias.

Ao professor Roberto Verdum, pela orientação, por todos os ensinamentos, por ter me recebido como bolsista, me oportunizando experiências únicas que, com certeza, foram essenciais para a minha formação.

Ao amigo e colega Jorge Antonio Viel pelo apoio, ensinamentos e amizade ao longo do curso. Por tantas vezes me “salvar”, ajudando a “fazer um mapa”, ou revisando algum trabalho (este, inclusive).

Ao amigo e colega Jean Carlo Gessi Caneppele, pelas conversas construtivas no laboratório, pelos trabalhos compartilhados, pelo empréstimo de materiais, pela revisão deste trabalho e pela motivação.

Aos amigos queridos que a Geografia me trouxe: Aline Faccin, minha profunda gratidão pela formatação deste trabalho!; Laís Cabral Menezes, Emílio Santos, Benôni Schuvartz, Filipe Idalino, Andrea Santos de Araújo, Maximiliano Paschoaloti Messa (Obrigada pelos livros, me salvaste!), Rafael Braga, Jerusa Peixoto e Pablo Maciel, que já era “família” antes e a Geografia nos aproximou ainda mais.

Aos professores Silvana Bressan Riffel e Ulisses Franz Bremer, por terem aceitado fazer suas contribuições para este trabalho.

Agradeço em especial toda a população brasileira que, através dos tão pesados impostos, proporcionaram a oportunidade de estudar em uma universidade pública.

A todos, meu profundo respeito e gratidão.

“Fazer o bem, abster-se do mal e limpar seus pensamentos, são os mandamentos de todo o iluminado”

**Siddhartha Gautama**

## RESUMO

Este trabalho propõe um diagnóstico ambiental para uma propriedade rural, que se encontra boa parte afetada por processos erosivos, a partir do entendimento dos processos morfodinâmicos, com base em aspectos pedológicos, do relevo, e da vegetação. A arenização ocorre devido ao substrato sedimentar e pelas formações superficiais quaternárias que, pela ação da água e do vento abundantes na região, contribuem para a erosão, transporte e deposição desse material. Assim, este trabalho justifica-se partindo do pressuposto de que, para obter um diagnóstico preciso, que contribua para o planejamento de uma propriedade, é necessário verificar os processos no âmbito local e utilizando-se como base a bibliografia produzida. A metodologia utilizada se constitui num levantamento estimado da cobertura vegetal nativa, levantamento dos percentuais de declividade, coleta de amostras de solo e, posteriormente, análises sedimentológicas e químicas. Com base nos resultados é possível delimitar a propriedade em três setores principais, conforme o cruzamento dos aspectos levantados. Em síntese, este trabalho permite concluir que há similaridade entre as características presentes na propriedade e a região com ocorrência dos processos de arenização, e que a metodologia empregada e os resultados obtidos possibilitam um diagnóstico ambiental de baixo custo, que pode ser aplicado em outras propriedades rurais da região.

**Palavras-chave:** diagnóstico ambiental; arenização; morfodinâmica; cobertura vegetal; parâmetros pedológicos.

## ABSTRACT

This work proposes an environmental diagnosis for a rural property, which is largely affected by erosive processes, based on the understanding of morphodynamic processes, based on pedological, relief and vegetation aspects. Sand blasting occurs due to the sedimentary substrate and the quaternary surface formations which, due to the abundant water and wind in the region, contribute to the erosion, transport and deposition of this material. This work is justified on the assumption that, in order to obtain a precise diagnosis, which contributes to the planning of a property, it is necessary to verify the processes at the local level and using as basis the bibliography produced. The methodology used is an estimated survey of the native vegetation cover, survey of slope percentages, collection of soil samples and, later, sedimentological and chemical analyzes. Based on the results it is possible to delimit the property in three main sectors, according to the crossing of the aspects raised. In summary, this work allows to conclude that there is a similarity between the properties present in the property and the region with the occurrence of the sandstone processes, and that the methodology employed and the results obtained allow a low cost environmental diagnosis that can be applied to other properties Of the region.

**Keywords:** environmental diagnosis; sandization; morphodynamics; vegetation cover; pedological parameters.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Mapa de localização do município de São Francisco de Assis-RS.....	16
Figura 2: Bacia Hidrográfica do Rio Ibicuí. ....	17
Figura 3: Unidades Geomorfológicas. ....	18
Figura 4: Mapa de localização da área de estudo.....	21
Figura 5: Biomas do Rio Grande do Sul. Elaboração.....	27
Figura 6: Materiais utilizados em laboratório.....	34
Figura 7: Diagrama textural. ....	35
Figura 8: Coleta de pontos. ....	39
Figura 9: Perfil topográfico e modelo digital de elevação. ....	40
Figura 10: Mapa de localização dos pontos de coleta de amostras de solo. ....	44
Figura 11: Perfil longitudinal e pontos de coleta de amostras de solo.....	51
Figura 12: Concreção ferruginosa próxima ao ponto de coleta 1.....	54
Figura 13: Espécies vegetais presentes na área de estudo. a) <i>Oxalis sp.</i> ; b) <i>Herbetia lahue</i> ; c) <i>Portulca sp.</i> ; d) <i>Solanum hasslerianum</i> . ....	54
Figura 14: Área de transição com rarefação da cobertura vegetal e ocorrência de manchas de solo exposto.....	55
Figura 15: a) Manchas de solo exposto; b) duna de areia em meio ao solo exposto; c) Presença de <i>Elyonurus sp</i> (capim limão) próximo aos núcleos de arenização; d) Maciço de <i>Eugenia pitanga</i> próximo ao início da área com processos erosivos.....	56
Figura 16: a) e b) ravinas e processos erosivos acentuados; c) espécie vegetal não identificada (Autora: Carmem L. Vieira, 2015); d) Musgos e líquens em talude de ravina. ....	57
Figura 17: Delimitação da propriedade em três setores: área com cobertura vegetal nativa, área de transição e perímetro erosivo. ....	58

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Classe textural.....	35
Quadro 2: Escala de Wentwhort (1963). ....	36
Quadro 3: Classes de esfericidade. ....	38
Quadro 4: Classes de arredondamento. ....	38
Quadro 5: Análise das frações granulométricas (CECO). ....	45
Quadro 6: Análise textural.....	48
Quadro 7: Análise de macronutrientes. ....	49
Quadro 8: Valores de declividade. ....	52
Quadro 9: Classes de declividade e relevo. ....	53

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Frações granulométricas. ....	46
Gráfico 2: Fração textural - Areia. ....	47

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	12
1.1 Objetivo geral .....	14
1.2 Objetivos específicos.....	14
1.3 Justificativa.....	15
<b>2. ÁREA DE ESTUDO</b> .....	16
2.1 São Francisco de Assis, Rio Grande do Sul .....	16
2.2 Recorte de estudo: propriedade rural .....	20
<b>3. REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	22
3.1 Aspectos litológicos que caracterizam a arenização.....	22
3.2 Aspectos pedológicos que favorecem a arenização .....	25
3.3 Aspectos da vegetação típicos de áreas com arenização .....	27
3.4 Processos morfodinâmicos associados à arenização .....	29
<b>4 METODOLOGIA</b> .....	32
4.1 Coletas de amostras de solo e procedimentos em laboratório .....	32
4.1.1 Análises sedimentológicas .....	33
4.1.2 Análises químicas .....	38
4.2 Traçado do perfil topográfico e cálculo das declividades .....	39
4.3 Identificação de mosaicos da vegetação .....	41
4.4 Espacialização .....	42
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	43
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS E PROPOSIÇÕES</b> .....	60
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	62
<b>ANEXOS</b> .....	68

## 1. INTRODUÇÃO

Na região Sudoeste do Rio Grande do Sul verifica-se a ocorrência do processo de arenização (SUERTEGARAY, 1987; VERDUM, 1997), cuja explicação se dá pelo substrato sedimentar encontrado, constituído pelas formações Botucatu e Guará, assim como pelas formações superficiais Quaternárias, combinado aos agentes hídricos e eólicos atuantes, causando a erosão - o transporte - a deposição de sedimentos. Contudo, para o entendimento do processo de arenização, além de aspectos da litologia, se faz necessária também a compreensão pretérita e presente de fatores climáticos, geomorfológicos e das ações humanas, podendo este último ser entendido como um intensificador dos processos correntes. Combinado a esses aspectos, os tipos de vegetação e solo encontrados, são fatores importantes para a compreensão do meio e da morfodinâmica.

O estudo foi efetuado em uma propriedade rural (42 ha), que tem como principal matriz econômica o arrendamento de áreas para a pecuária extensiva, mostrou que cerca de 40% da sua área total encontra-se afetada por processos erosivos, não podendo mais ser utilizada para este tipo de atividade. No entendimento de que a arenização é um processo natural na região, esse trabalho tem como problemática o seguinte questionamento: Os processos e as características observadas nessa propriedade rural corroboram para o entendimento dos processos ocorrentes na região? E de que forma podem auxiliar a proprietária para um melhor planejamento e uso da área?

O trabalho desenvolve-se em três etapas: primeiramente é mostrada a relação entre atributos como declividade, vegetação e solos e a ocorrência dos areais e então é feito o detalhamento das características e morfodinâmicas ocorrentes na propriedade rural, ou seja, em uma escala local.

Quando tratamos das dinâmicas morfológicas atuais, pode-se dizer que se trata da compartimentação de fisiologia da paisagem, da qual trata Ab'Saber na sua análise tripartite (1969), que corresponde ao terceiro nível de abordagem do relevo e tem por objetivo entender os processos morfoclimáticos e pedogênicos atuais, ou seja, se baseiam no estudo do relevo atual, resultante das relações morfodinâmicas

entre os fatores intrínsecos e extrínsecos, levando em consideração o conhecimento dos níveis antecedentes, responsável pela evolução do relevo. No entanto, para cumprir os objetivos propostos neste trabalho, não será dada ênfase no uso e na ocupação como fator de alteração do comportamento do relevo, conforme Ab'Saber trata, mas sim, será feita a relação entre os elementos da natureza, tais como: vegetação; pedologia; agentes eólicos e hídricos atuantes, parâmetros que darão subsídio ao diagnóstico da área em estudo.

Na segunda etapa, é proposto um diagnóstico ambiental da área de estudo, onde é apresentada a espacialização dos processos de arenização e processos avançados de erosão hídrica. O diagnóstico ambiental é fundamental, pois assume um caráter de prevenção, muito mais do que de correção, tornando-se imperativa a elaboração de diagnósticos ambientais, para que se possa elaborar prognósticos, a fim de estabelecer diretrizes do uso da natureza, de modo racional, procurando reduzir os impactos negativos e a deterioração da qualidade ambiental (ROSS, 2005). Assim poderá ser possível identificar os principais agentes condicionantes da erosão, os pontos com dinâmica mais intensa e dar embasamento para a formulação de recomendações técnicas.

No estudo em nível local, se propõe análises químicas e sedimentológicas do solo, identificação da cobertura vegetal, relacionando estes fatores à declividade do terreno, isso porque os parâmetros do solo e as condições atuais que ele apresenta, como as quantidades de matéria orgânica, os elementos que o compõem e a cobertura vegetal, expressam as variações ambientais e o potencial para recuperação e controle da erosão.

Na terceira etapa é apresentada a espacialização da propriedade e as características levantadas neste trabalho, por meio de um mapa, podendo assim contribuir para o planejamento ambiental. De forma complementar, serão sugeridas técnicas de recuperação das áreas com erosão, conforme bibliografia específica para região e com base em técnicas que já estão sendo utilizadas em outros locais.

Isso se faz necessário porque, para o contexto específico desta propriedade, a velocidade e a intensidade com que se desenvolvem estes processos de erosão, não somente mobilizam um grande percentual da propriedade, como podem vir a comprometer a permanência da produtora rural no local.

Cabe salientar que as análises realizadas constituem-se parte da tese de doutorado de Carmem Lucas Vieira, a ser publicado. Portanto, conta com diferentes metodologias que serão descritas ao longo do estudo, de forma a corroborar para as recomendações técnicas no qual se objetiva, também, este trabalho.

### **1.1 Objetivo geral**

Entender os processos morfodinâmicos predominantes em uma propriedade rural, utilizando como base os aspectos de relevo, pedológicos e da vegetação, de modo a proporcionar um diagnóstico ambiental adequado da área.

### **1.2 Objetivos específicos**

Como objetivos específicos temos:

- verificar a influência da variação dos parâmetros e características do solo, como suas propriedades químicas e sedimentológicas, em relação à ocorrência de processos erosivos;
- verificar a influência da variação da declividade nos processos erosivos em superfície;
- analisar a distribuição da cobertura vegetal em relação à declividade e às modificações nos parâmetros do solo;
- Identificar e espacializar a propriedade rural, de acordo com as características levantadas.

### 1.3 Justificativa

Este trabalho se justifica pela necessidade de se gerar diagnósticos ambientais locais, levando em consideração características específicas, pois a partir da revisão bibliográfica de boa parte do material produzido sobre os areais no Rio Grande do Sul, percebe-se uma generalização quanto ao processo de arenização no município de São Francisco de Assis e nas possíveis recomendações técnicas para controle da arenização.

Uma vertente de pesquisa que corrobora essa justificativa é a de Gass (2015), que propõe a delimitação de Áreas de Preservação Permanente (APP) na região dos areais, com base nas diferenças entre cada realidade considerada.

Dessa forma, o que se propõe neste trabalho é estimular que sejam elaborados diagnósticos locais, sendo recomendadas técnicas que sejam adequadas para cada caso em específico.

## 2. ÁREA DE ESTUDO

### 2.1 São Francisco de Assis, Rio Grande do Sul

O município de São Francisco de Assis localiza-se no sudoeste do estado do Rio Grande do Sul (Figura 1), entre as coordenadas geográficas  $29^{\circ}11'27''$  e  $29^{\circ}42'09''$  S;  $54^{\circ}48'13''$  e  $55^{\circ}31'36''$  W, e está inserida na região denominada Campanha Ocidental, a uma altitude de aproximadamente 125 metros. Tem como limites os municípios de Jaguari e Nova Esperança do Sul ao Norte; limita-se a Leste com os municípios de Maçambará, Unistalda e Santiago; a Sul limita-se com o município de Alegrete e São Vicente do Sul; e a Oeste limita-se com o município de Manoel Viana.

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010), o município possui 19.254 habitantes e área total de 2.508,453 km<sup>2</sup>, e. A região está inserida no Bioma Pampa (IBGE, 2004).

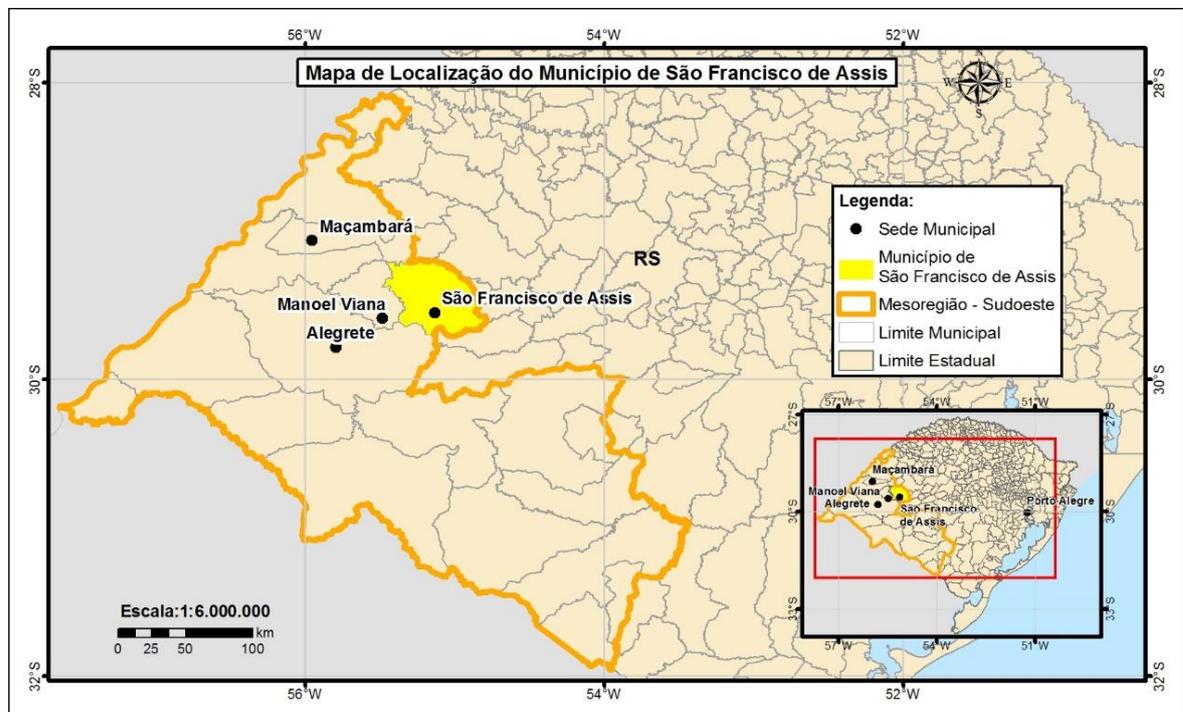


Figura 1: Mapa de localização do município de São Francisco de Assis-RS.

Fonte: Elaborado por Aline Gomes Goulart, 2015.

O município situa-se na região da Bacia Hidrográfica do Ibicuí (BHI), que se localiza a oeste do Estado, entre as coordenadas geográficas 28°53' a 30°51' S e 53°39' a 57°36' O, com área de 35.439 km<sup>2</sup>, de acordo com a Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler – RS (FEPAM, 2016), como mostra a Figura 2. A BHI abrange as províncias geomorfológicas do Planalto Meridional, datada do Mesozoico, e Depressão Periférica, do Paleozoico (FUJIMOTO et al., 2010), apresentadas Figura 3, assentadas sobre a Bacia Sedimentar do Paraná.

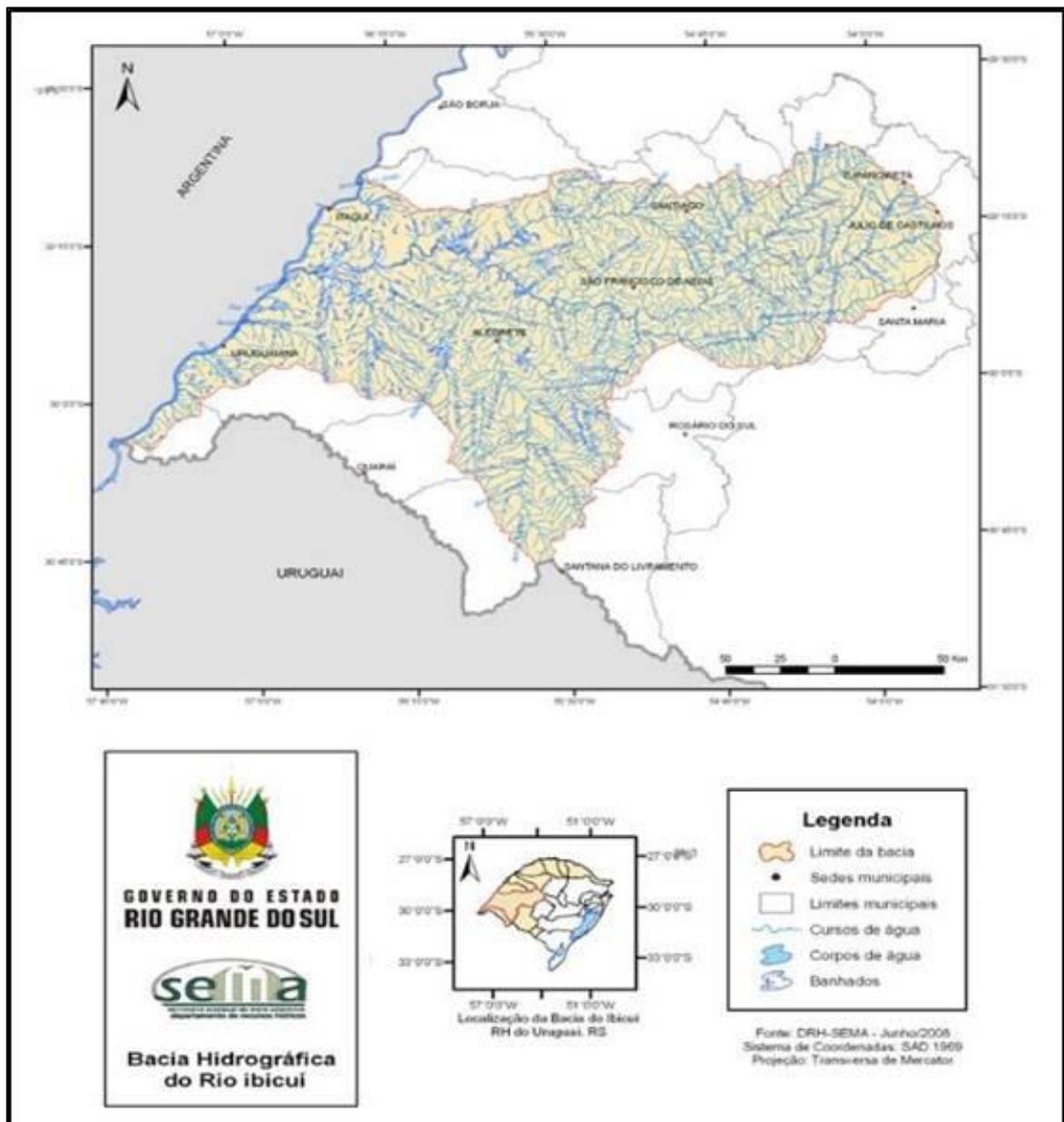


Figura 2: Bacia Hidrográfica do Rio Ibicuí.

Fonte: DRH-SEMA, 2008.

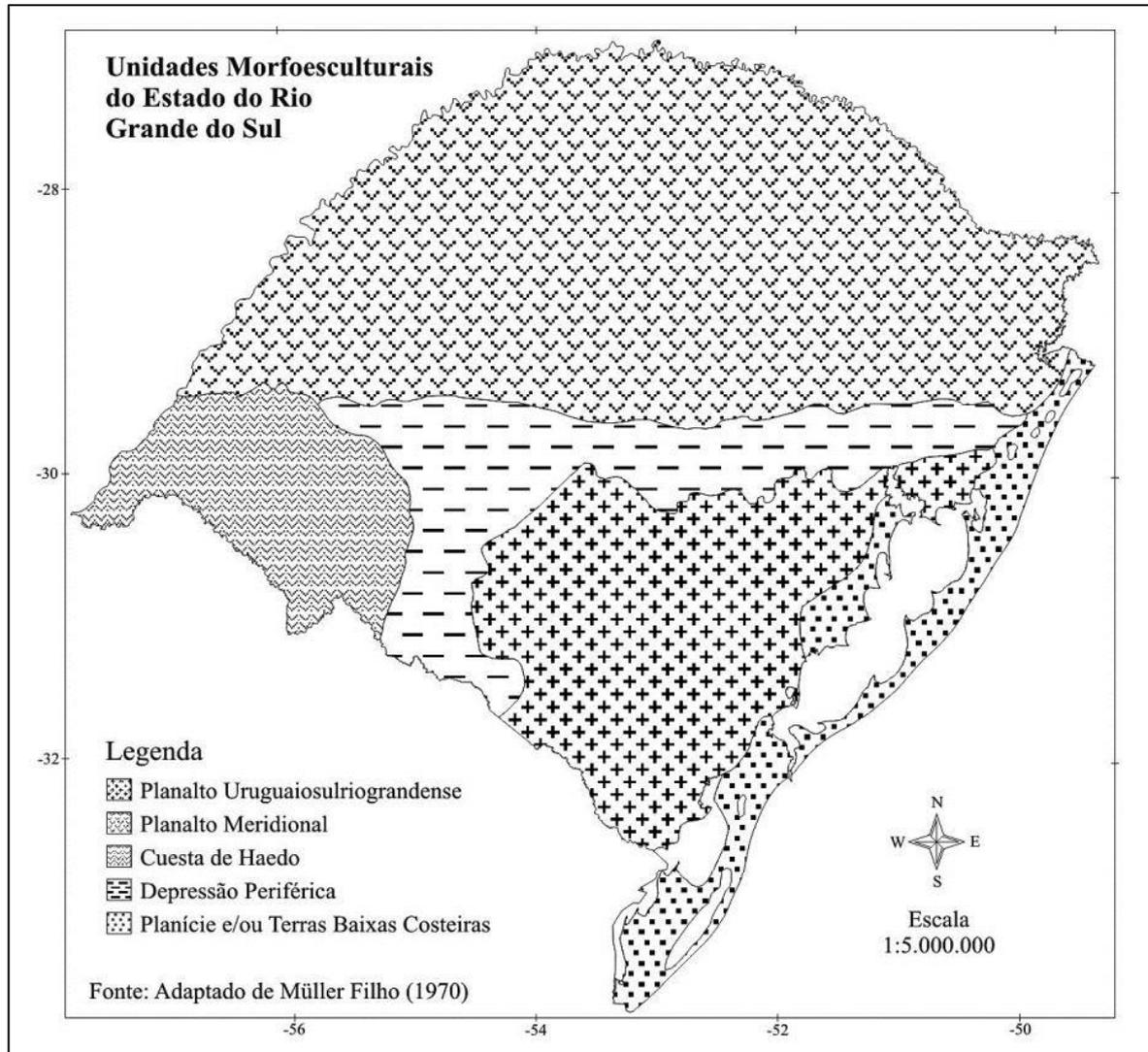


Figura 3: Unidades Geomorfológicas.

Fonte: FUJIMOTO et al., 2010

Segundo Suertegaray (1996; 2012) o Planalto Meridional surgiu através da reativação tectônica, com basculamentos e falhamentos, e extravasamento de lavas em fissuras, promovendo rochas eruptivas básicas e ácidas sobre as rochas areníticas da Formação Botucatu. Ocupa o centro-norte do Estado, sendo limitado por uma escarpa abrupta voltada para o oceano e uma escarpa de erosão em contato com a Depressão Periférica. Apresenta a NE as maiores altitudes do Estado.

De acordo com a autora, a Depressão Periférica teve sua formação através da escavação por erosão dos cursos de água e também processos sob condições de clima árido. Essas condições favoreceram o recuo da escarpa do planalto pela erosão, proporcionando a sedimentação e formação das atuais planícies aluviais.

Esses processos ocasionaram, portanto, a formação de rochas sedimentares, conglomerados, arenitos e siltitos. A Depressão Periférica encontra-se embutida entre o Planalto Meridional e o Escudo Sul-Riograndense, e limita-se a oeste com a Cuesta do Haedo. Apresenta altitudes entre 100 e 200 metros, com formas em colinas côncavo-convexas ou topo plano (coxilhas) e relevos tabulares.

Verdum (1997; 2012) faz a distinção, a partir da análise de diferentes características da região, entre três setores, ou recortes da paisagem nesse município. Sendo eles:

- *terroir*<sup>1</sup> dos campos limpos do alto Planalto entrecortados pelos valões e pelos vales encaixados;
- *terroir* dos rebordos inclinados e florestados do Planalto;
- *terroir* dos campos limpos da Depressão periférica, de colinas (coxilhas) e de morros testemunhos, entrecortados por valões e vales aluviais.

De acordo com o autor supracitado, quanto aos aspectos do relevo, o *terroir* denominado como “campos limpos do alto Planalto” apresenta extensa superfície de modelado plano e superfícies que apresentam dissecação festonada pelos cursos de água. Na região estudada, as superfícies planas podem atingir em torno de 420 metros. Os “rebordos inclinados e florestados do Planalto” se caracterizam pelos vales encaixados associados à drenagem, apresentando escarpamentos sobre as rochas vulcânicas e sobre as camadas da Formação Botucatu. Os “campos limpos da Depressão Periférica” apresentam colinas suaves e morros testemunhos (tabulares), apresentando-se também com topos preservados pelo basalto ou pelo arenito silificado, entre os valões e vales.

---

<sup>1</sup> Terroir: unidade espacial, onde se identificam os diversos componentes da paisagem: as condições do meio, as coberturas vegetais, os dispositivos mais ou menos perenes que marcam a ocupação do território e as marcas das práticas agrícolas que diferenciam os grandes sistemas agrários desenvolvidos. (VERDUM, 2012).

## 2.2 Recorte de estudo: propriedade rural

Para a elaboração deste trabalho, foi utilizada como base uma propriedade rural com área de 42 ha, localizada a cerca de 30 km da sede urbana do município de São Francisco de Assis, Rio Grande do Sul, Brasil, em direção à localidade chamada Vila Kramer (Figura 4). De acordo com o Instituto de Colonização e Reforma Agrária (INCRA, 2013) a propriedade enquadra-se em pequena propriedade rural. Neste recorte espacial pode-se verificar a presença de ravinas e acentuado processo de erosão fluvial na margem esquerda da sanga<sup>2</sup> da Areia, um curso d'água que perpassa pelo limite a noroeste da propriedade.

A geomorfologia da área de estudo é caracterizada por Vales Fluviais, Coxilhas (Colinas) e Cerros, com a presença de areais e processos geomorfológicos do tipo ravinas e voçorocas, além da ação do agente eólico, remobilizador dos sedimentos inconsolidados e secos nos areais. Observam-se manchas de arenização, bem como a ocorrência de ravinas, onde o intenso processo de retrabalhamento do material encontrado provoca o escoamento dos sedimentos, não permitindo o estabelecimento de espécies vegetais em determinadas áreas. Ao longo da propriedade é possível ver concreções ferruginosas, provenientes do material basáltico da Formação Serra Geral.

---

<sup>2</sup> Sanga: Toponímia regional que designa pequenos cursos d'água, cuja dinâmica hídrica está fortemente associada a períodos de estiagem e frequência de precipitação (GUERRA & GUERRA, 2011).

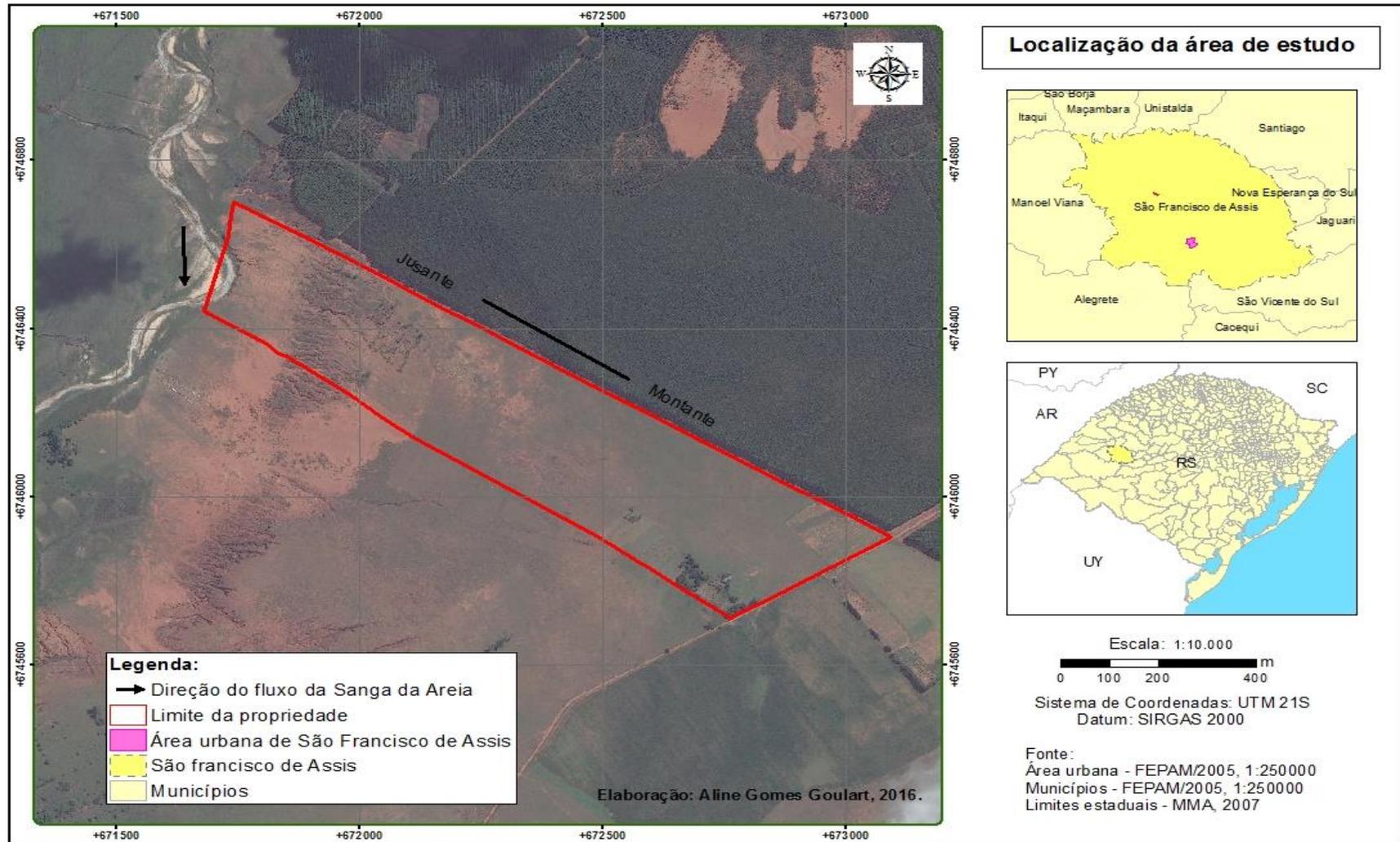


Figura 4: Mapa de localização da área de estudo.

Elaborado por Aline Gomes Goulart, 2016

### **3. REFERENCIAL TEÓRICO**

Neste capítulo serão descritos alguns conceitos e aspectos condicionantes à ocorrência dos areais, referentes aos elementos litológicos, pedológicos, topográficos e de vegetação, os quais, relacionados, atuam na morfodinâmica associada à arenização.

De acordo com Suertegaray (1987), a dinâmica do surgimento e expansão dos areais existe desde um período anterior à colonização humana na região, estando condicionada à fragilidade do meio. Bellanca (2002), em sua pesquisa, também afirma que os areais são processos naturais, desenvolvendo-se, anteriormente, à colonização e intervenção moderna sobre o uso e a ocupação da terra.

#### **3.1 Aspectos litológicos que caracterizam a arenização**

Do ponto de vista geológico, as principais formações superficiais existentes na região da Campanha resultam de eventos relativamente recentes do Quaternário, atuantes sobre as rochas associadas ao período Mesozoico (Formação Guará e Botucatu), cuja “modelagem foi determinada por um longo período de pediplanação exorreica da Depressão Periférica” (Verdum, 1997).

Na região de ocorrência dos areais, existem três formações litológicas principais: Formação Guará, Formação Botucatu, ambas do Mesozoico e um pacote sedimentar proveniente do retrabalhamento desses depósitos, no caso das formações superficiais, Quaternárias; (SUERTEGARAY, 1987; VERDUM, 1997; SUERTEGARAY et al. 2001 e SUERTEGARAY et al. 2012).

A Formação Guará, segundo Scherer e Lavina (2005), teve sua origem associada a sistemas deposicionais eólicos e fluviais, o que possivelmente ocorreu devido a oscilações no clima naquele período. Estima-se que sua deposição tenha ocorrido durante o Jurássico Superior por apresentar-se subjacente à Formação

Botucatu, que teve sua idade atribuída ao Cretáceo Inferior, e sobrejacente à Formação Sanga do Cabral (SCHERER *et al.*, 2000; SCHERER e LAVINA, 2005).

As oscilações do clima se mostram presentes através das diferentes fácies em que a Formação Guará se apresenta: a face norte (Jaguari e São Francisco de Assis), marcada pela presença de arenitos grosseiros e siltitos, associada a depósitos de origem fluvial, e a face sul (Rosário do Sul e Santana do Livramento) apresentando diminuição na granulometria, associada a uma fase eólica com presença de arenitos com textura média a fina. As associações entre as fácies fluviais e eólicas apresentam em média 100 metros de espessura, podendo variar de 80 a 200 metros (SCHERER *et al.*, 2000; SCHERER e LAVINA, 2005). A suscetibilidade ao intemperismo se dá, conforme Trentin *et al.* (2015), pela natureza friável dos arenitos dessa formação, apresentando textura silicosa e reduzida cimentação.

Mesmo assim, segundo os autores, encontram-se afloramentos com a ocorrência de uma carapaça superficial, formada pelo acúmulo de óxido de ferro nos interstícios dos clastos<sup>3</sup>, possibilitando a cimentação, promovendo maior resistência. Todavia, quando esta carapaça é intemperizada ou removida, a sua suscetibilidade à erosão é maximizada, podendo provocar a ocorrência de ravinas, voçorocas e areais (TRENTIN *et al.*, 2015).

A Formação Botucatu corresponde a depósitos areníticos ocorridos no Mesozoico, sobre a Bacia do Paraná, durante a existência do deserto do Gondwana. Esse “depósito proporcionado pelo agente eólico possui área com cerca de um milhão e meio de quilômetros quadrados” (Petri & Fúlfaro, 1983, p.219), sendo um dos maiores depósitos continentais formados em ambiente eólico do mundo (SALAMUNI e BIGARELLA, 1967; SCHERER, 2000). Apresenta áreas expostas na borda da Bacia do Paraná, porém, sua área de deposição ocorre desde o estado de Goiás, se estendendo até o Rio Grande do Sul, República Oriental do Uruguai, República Argentina e República do Paraguai. Embora existam estudos realizados com o intuito de datar a deposição dessa formação, Scherer (2000), afirma que o início da deposição da Formação Botucatu é pouco conhecido. O autor sugere que a deposição tenha ocorrido durante cerca de algumas centenas de milhares de anos

---

<sup>3</sup> Clastos – rochas sedimentares compostas de fragmentos desagregados (GUERRA & GUERRA, 2011).

que, do ponto de vista geológico, se trata de um período curto. Estima-se que a deposição da formação tenha ocorrido entre o Jurássico Superior e o Cretáceo Inferior, “num período de tempo de menos de um milhão de anos” (Binda 2016 *apud* Tamrat e Ernesto, 2006).

Scherer (2000) destaca que é conhecido que as deposições ocorreram em condições de clima árido, pois não há registros que indique a presença ou influência de água subterrânea nos espaços inter-dunários, dessa forma, não permitindo a estabilização dos depósitos, sendo estes constantemente trabalhados.

De acordo com Scherer et al. (2000), a Formação Serra Geral é datada em torno de 132 milhões de anos, no período Mesozoico. Estudos mostram que os derrames encontram-se assentados sobre os arenitos da Formação Botucatu e apresentam intercalação entre as rochas, demonstrando descontinuidade dos derrames e da persistência de um clima desértico concomitante ao início da efusão (CORDANI e VANDOROS, 1967; JABUR, 1985; SCHERER et al., 2000; NARDY, 1996; NARDY et al., 2002). Estudos posteriores mostram, ainda, que existem diferentes tipos de magma na gênese da Formação Serra Geral.

A compartimentação constituída de depósitos relativamente recentes referem-se ao que Verdum (2012) e Binda (2016) ressaltam como “coberturas aluviais recentes e depósitos Quaternários”. Para esse último autor, podem ser entendidos como:

“...os sedimentos depositados nas atuais planícies de inundações ou naquelas não mais funcionais (terraços fluviais contemporâneos), associados à dinâmica erosivo-deposicional da rede de drenagem fluvial. Por outro lado, admite-se enquanto depósitos quaternários, aqueles formados durante esse período geológico, por processos pretéritos não necessariamente os mesmos que os atuais.” (BINDA, 2016, pg.33)

Por serem depósitos arenosos, as áreas onde predominam os areais, os voçorocamentos e os ravinamentos, revelam-se associados a essas formações superficiais, que são bastante frágeis. Geralmente, esses processos e as feições resultantes encontram-se com pouca altitude e pouca declividade, próximas a

colinas suaves e a rampas, em contato com escarpas de morros testemunhos (Suertegaray *et al.*, 2001).

Um aspecto importante é a relação da neotectônica nos processos de assoreamento dos vales fluviais, demonstrado por TRAININI (2005). Neste estudo o autor identificou uma estrutura que pode ser observada a partir de duas linhas com direção aproximada N-S, denominada “Muro de Manoel Viana”, onde podem ser encontrados sedimentos eólicos da Formação Botucatu em altitudes superiores a 300 metros. Ele aponta que a maioria das zonas com focos de processo de arenização encontram-se dentro dos limites do “muro”, definindo a área como um “alto potencialmente difusor de sedimentação”.

Portanto, para a interpretação do processo de arenização é condicional o conhecimento das características litológicas do meio. Pesquisas realizadas demonstram que os processos erosivos do tipo ravinamento e voçorocamento estão associados ao substrato rochoso. Para as áreas com ocorrência da arenização, o substrato rochoso condiciona os fluxos hídricos reativando antigos canais de drenagem e favorecendo a formação de ravinas e voçorocas (SUERTEGARAY, 2012).

O estudo da litologia se faz importante, pois oferece indicativos de qual tipo de solo e pacote sedimentar será gerado através da decomposição das rochas fontes, bem como, as suas propriedades físico-químicas que condicionam a cobertura vegetal e a suscetibilidade aos processos erosivos.

### **3.2 Aspectos pedológicos que favorecem a arenização**

Entende-se por solo, segundo Meurer (2000), o produto de alteração das rochas e como corpos naturais, constituído por partes sólidas, líquidas e gasosas, tridimensionais, dinâmicos, formados por matérias minerais e orgânicos, com características morfológicas, físicas, químicas e mineralógicas, relacionadas com os processos e fatores que lhe deram origem. Os solos possuem matéria viva e ocupam a maior parte do manto superficial dos continentes do planeta. Para a

classificação dos solos é necessária a compreensão de suas características físicas e químicas, como a textura, estrutura e consistência, o teor de matéria orgânica, teor de argila entre outros atributos.

Segundo, Verdum (2012) na área de estudo, a formação dos solos está relacionada às alterações do basalto da Formação Serra Geral e das rochas sedimentares das Formações Botucatu, Guará e, também, com a presença da Formação Rosário do Sul.

Segundo Azevedo e Kaminski (1995), as classes de solo mais significativas na área de ocorrência dos areais são: Latossolo Vermelho escuro, Argissolo Vermelho escuro, Neossolo Quartzarênico, pela associação Cambissolos-solos Litólicos, além dos Planossolos e Gleissolos.

Também, de acordo com o Mapa de Solos elaborado por Flores (2009), em escala 1:50.000, a partir da Carta Topográfica do Ministério do Exército e Diretoria de Serviço Geográfico Vila Kramer Folha SH-21-X-D-I-4, há a ocorrência de três classes de solos, sendo elas: Argissolo Vermelho Distrófico arênico A moderado, com textura arenosa/média, em locais de relevo ondulado, associação de Argissolo Vermelho Distrófico abrupto, com textura arenosa/média e Neossolo Quartzarênico Órtico típico, ambos A moderado. Este tipo de solo, por apresentar textura predominantemente arenosa, com pouca presença de argila e matéria orgânica, propicia as condições para a ação dos agentes hídricos, que geram os processos erosivos superficiais, como ravinas e voçorocas.

Segundo Mosená (2008), em São Francisco de Assis, há a predominância de solos de aluvião, devido à ação do agente hídrico, e de areias quartzosas, através da ação do agente eólico. Dessa forma, esses solos apresentam-se bastante arenosos, revelando pouca capacidade de coesão entre as partículas e pouca fertilidade natural.

Neste sentido, os solos onde ocorrem os processos de arenização são solos novos, ou seja, com formação muito recente. Podem ser rasos ou profundos, se apresentando frágeis e com baixo teor de matéria orgânica e de nutrientes. São solos muito suscetíveis à erosão hídrica e eólica (quando descoberto de vegetação), favorecendo a erosão em sulcos (SUERTEGARAY, 2012).

### 3.3 Aspectos da vegetação típicos de áreas com arenização

A região sudoeste do RS está inserida em área de domínio do Bioma Pampa (Figura 5), sendo este caracterizado, por uma vegetação campestre com mosaicos de mata de galeria, ao longo dos cursos de água e talvegues, e mata de encosta, junto aos relevos residuais. Apresenta-se, fisionomicamente, como vegetação de “campo entremeado, nas áreas úmidas, vales de rios e encostas de morros, com vegetação de mata” (SUERTEGARAY, 2012). A vegetação de campo presente nesta área é testemunha de um período de ressecamento ambiental pretérito, com a presença de algumas espécies identificadas como de vegetação relictos (SILVA, 2009; SUERTEGARAY 2012).

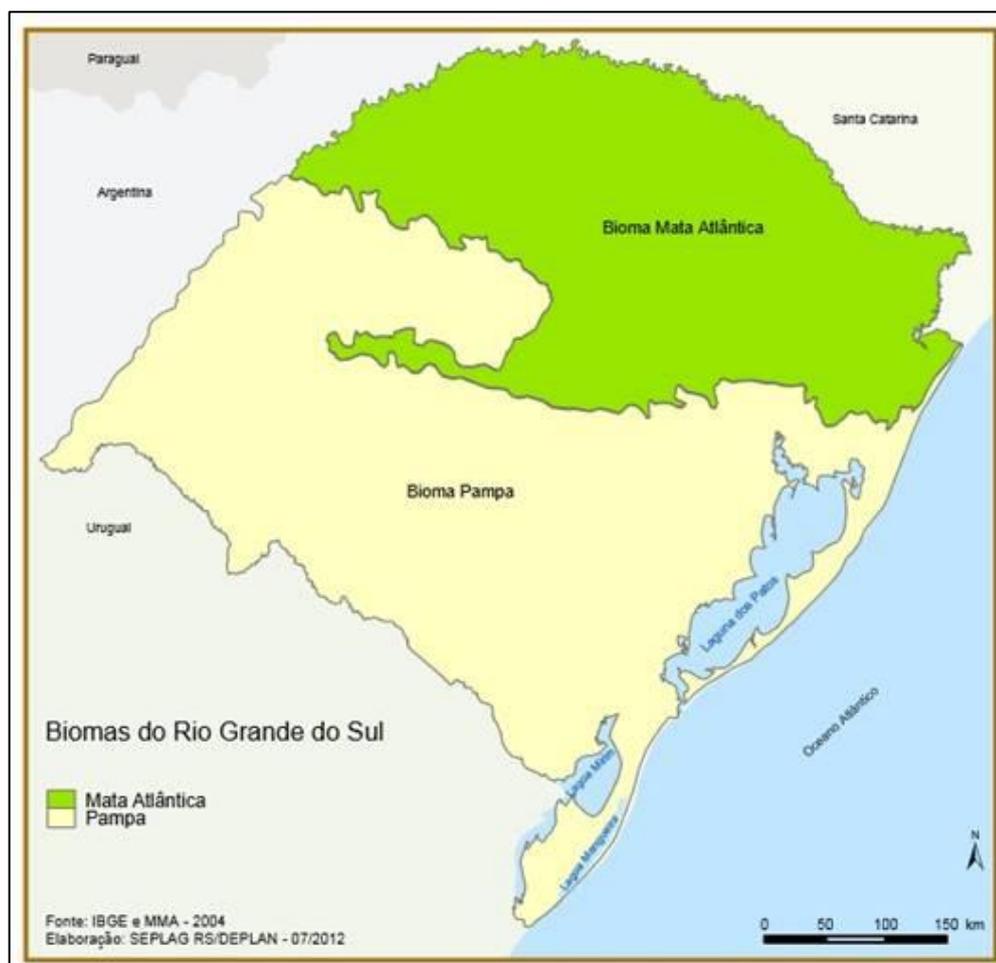


Figura 5: Biomas do Rio Grande do Sul. Elaboração.

Fonte SEPLAG RS/DEPLAN, 2012.

Para Marchiori (1992) a vegetação nativa do sudoeste do RS é constituída basicamente por formações campestres e por matas, estas concentradas nas encostas dos chapadões de arenito e nas faixas que acompanham os principais cursos d'água, com uma gradual transição para o campo.

De acordo com Verdum (2012), na área em estudo são identificadas três formações vegetais: os campos limpos do alto planalto e das colinas suaves (coxilhas), a mata de galeria dos vales úmidos e os remanescentes florestais sobre as bordas do Planalto e dos relevos tabulares. Há, ainda, a presença, principalmente, de vegetação herbácea, e de musgos e cianobactérias no talude das ravinas e voçorocas (Freitas, 2006).

Os processos de escoamento superficial e a deflação do material arenoso levam à degradação contínua da cobertura vegetal e a exposição do solo. Devido às condições de baixos valores nutricionais e a textura arenosa e silte-arenosa do Neossolo, isso acarreta na “diminuição dos processos energéticos do metabolismo vegetal, restringindo o crescimento vegetativo, a floração e a formação de ramos novos” (SILVA, 2012). O autor afirma que as restrições dos macronutrientes nos solos das regiões sujeitas à arenização são responsáveis pelas limitações da ocupação vegetal. Essa limitação pode gerar o estresse das espécies. Para Freitas (2010 apud Larcher 2000):

O estresse em plantas pode ser entendido como a influência de fatores do ambiente sobre um organismo, diminuindo seu desempenho em processos fisiológicos, como a fotossíntese ou o crescimento, ou ainda, provocando restrições reprodutivas e redução de chance de sobrevivência. Os diversos fatores, tanto bióticos como abióticos, capazes de provocar o estresse, estão presentes em qualquer ambiente em que as plantas crescem (Freitas, 2010 apud Larcher 2000, pg 71).

Estudos demonstram que, apesar das restrições dos nutrientes nos solos da região, muitas das espécies apresentam adaptações aos fatores de estresse. Para Freitas (2010) 89,5% das espécies estudadas na região de campos arenosos, cujas condições climáticas e edáficas são comuns, apresentam adaptações ao estresse, como adaptações foliares, órgãos subterrâneos desenvolvidos, ciclo de vida curto e gemas protegidas.

Freitas (2010) supõe que essas características podem ter promovido às espécies, estratégias de adaptação ao longo do tempo ou até mesmo a seleção, de forma a favorecer a sobrevivência a determinados distúrbios. Devido à textura arenosa dos solos, sendo estes frágeis, as espécies possuem estruturas subterrâneas desenvolvidas para suportar o estresse hídrico. Algumas plantas, por sua vez, apresentam adaptações capazes de sobreviver a altas temperaturas, falta de água e ventos, reduzindo a evapotranspiração, como pilosidade nas partes aéreas, ou folhas espessas ou cobertas com cera, ou ainda contendo óleo, como o capim-limão, que possivelmente serve para evitar a predação por animais (BOLDRINI et al., 2010). De acordo com esses autores, foram identificadas 301 espécies para a região denominada de Campos dos Areais, que engloba basicamente os municípios de Manoel Viana, Alegrete e São Francisco de Assis.

Desse modo, é possível afirmar que existe uma grande diversidade de espécies vegetais na região, muitas endêmicas para a região dos areais, e com diferentes potenciais, como para o uso ornamental, medicinal, aromático, e também para forragem.

A partir da análise da vegetação pode-se inferir características ambientais, como a fertilidade do solo, disponibilidade de água no sistema, e fatores edáficos limitantes. Para fins deste trabalho a compreensão sobre a cobertura vegetal e os locais onde predominam será extremamente importante, para relacionar as condições do ambiente e realizar um diagnóstico ambiental sobre a área de estudo.

### **3.4 Processos morfodinâmicos associados à arenização**

Para entender os processos morfodinâmicos, se faz necessário entender padrões climáticos e variações meteorológicas da região estudada, que, associados à dinâmica geomorfológica, torna possível reconhecer os processos atuantes geradores dos areais (Verdum & Suertegaray, 2012). Segundo os autores, para entender esses processos ocorrentes nos areais, é preciso levar em consideração alguns aspectos: 1) a mobilidade dos sedimentos ocorre através do escoamento superficial, principalmente o escoamento concentrado, dando origem às ravinas e

voçorocas; 2) o sedimento depositado é remobilizado pelo processo de deflação; os processos atuam simultaneamente, variando conforme o regime das chuvas e dos ventos, de acordo com cada estação do ano. Porém, ocorrem de forma diferenciada. No verão predomina a deflação (agente eólico) e no inverno o escoamento (agente hídrico). Ou seja, os areais estão em constante mobilidade.

Utilizando a classificação de Rossato (2012) tem-se, para a região, o clima denominado Subtropical I: Pouco úmido; e subclassificação de denominação Subtropical Ib: Pouco Úmido com Inverno Frio e Verão Quente. Apresenta as seguintes características: Precipitação entre 1400-1700 mm ao ano, porém de forma concentrada em 70 a 90 dias de chuva. Esta chuva concentra-se em poucos dias ao mês – entre 6 a 9 dias – e nos meses de outono e primavera. A temperatura média anual varia entre 20-23°C. A temperatura média do mês mais frio oscila entre 11-14°C e a temperatura média do mês mais quente varia entre 23 – 29°C.

Inúmeros estudos na região consideram os agentes hídricos e eólicos e a ausência de cobertura vegetal como fundamentais para o desencadeamento do processo de arenização, sendo intensificado diante do substrato rochoso encontrado. Suertegaray (1998), afirma que a heterogeneidade dos arenitos da região constitui os diferentes graus de susceptibilidade à erosão. Em seus estudos, a autora conclui que os areais ocorrem, predominantemente, nos setores médios das colinas e/ou morros testemunhos, havendo o predomínio de arenito inconsolidado, e a litologia é de origem eólica em grande parte, sendo o vento o elemento fundamental de transporte desse material.

O escoamento superficial e concentrado, produzido a partir de eventos de chuva com potencial erosivo e sobre solos saturados, favorecem a desagregação e deposição do material em um local diferente do qual ele se encontrava. Os sedimentos então são carregados para áreas mais baixas, com menor potencial energético. Verdum & Suertegaray (2012), afirmam que as consequências da dinâmica pluviométrica são o desencadeamento das fases de saturação do solo e o escoamento superficial direto, originando os sulcos, ravinas e voçorocas.

O ciclo da água na sua fase terrestre é mostrado por Verdum (1997), realizado na bacia hidrográfica do Arroio Miracatu, onde é dimensionada a importância do escoamento subterrâneo na alimentação da bacia hidrográfica. Para o autor, as chuvas irregulares e as chuvas torrenciais ocorrentes na região são os

processos fundamentais da dinâmica das voçorocas, sendo verificadas precipitações diárias em torno de 145 mm durante a primavera (setembro, outubro e novembro), outono (março, abril, maio e junho) e inverno (julho apenas), o que se torna um agravante quanto à geração de processos erosivos por escoamento da água provenientes das chuvas.

Os meses que apresentam menores taxas de precipitação estão concentrados no período de dezembro, janeiro e fevereiro. Suertegaray (1998) relaciona os meses de outubro (primavera), janeiro (verão) e abril (outono) como de ocorrência concentrada dos picos de precipitação e episódios chuvosos. É importante salientar que não há deficiência de água no solo na maior parte do ano, portanto, favorecendo a formação de ravinas e voçorocas.

A deflação ocorre na primavera e, principalmente, no verão, quando se tem maior temperatura, pouca intensidade das chuvas e a evaporação, favorecendo o ressecamento da vegetação e, assim, a mobilidade dos sedimentos através do agente eólico. Nesse período, a direção predominante do vento é SE, podendo ventar ao longo do dia e no período da noite. Os ventos secos vindos de norte são mais fortes, podendo gerar épocas com ocorrência das nuvens de areia suspensas. Ab'Saber (1995) relaciona como ventos de principal ocorrência na região do Pampa aqueles provenientes dos quadrantes NO-NE e S-SO. Nos meses de outono e inverno é registrado um período de menor velocidade dos ventos, com direção predominante do quadrante S-SE.

Durante o outono e inverno, o balanço hídrico do solo apresenta maior armazenagem, devido a menor evapotranspiração e demanda atmosférica. Pode-se afirmar, portanto, que ao longo do ano o excedente de água armazenada no solo é variável (SUERTEGARAY, 1998).

De modo geral, na literatura que trata sobre a erosão hídrica, são relacionados dois componentes fundamentais que condicionam a ocorrência de processos de erosão hídrica, sendo estes o comprimento de rampa e a declividade do terreno. Desse modo, se considera complementar para o diagnóstico, a investigação desses dois aspectos morfológicos, no contexto da propriedade rural em estudo.

## **4 METODOLOGIA**

Para atender ao objetivo geral e aos específicos propostos neste trabalho, a metodologia utilizada consiste em uma estimativa visual da cobertura do solo pela vegetação, verificação da declividade, através do traçado de um perfil topográfico, e análises dos atributos físico-químicos do solo. O detalhamento de cada etapa será exposto a seguir. Os trabalhos de campo e laboratório procederam-se entre o período de agosto de 2014 a outubro de 2016.

### **4.1 Coletas de amostras de solo e procedimentos em laboratório**

Com a finalidade de se fazer as análises físico-químicas, foram realizadas as coletas de 13 amostras de solo, com aproximadamente um quilo e quinhentos gramas (1,5 kg) cada uma. A escolha do local de cada amostra foi definida observando-se a propriedade rural, identificando aspectos singulares da área, de modo a obter informações do solo para áreas com diferenças na cobertura vegetal, a presença de mesofauna e trânsito do gado, afloramentos de rochas, acúmulo de água em superfície, e os locais onde apresentam núcleos de arenização e ravinas.

O objetivo desta etapa do trabalho foi ratificar, conforme o referencial teórico, cinco parâmetros descritos como característicos para os solos da região com processo de arenização, sendo: classificação textural, teor de argila, teor de matéria orgânica, fertilidade e acidez.

As coletas seguiram o protocolo de coletas de amostra para análise de solos da EMBRAPA (1997), com modificações, tendo sido retirado material a uma profundidade de 20 cm, e acondicionamento em sacos plásticos individualizados e identificados. A camada inicial de 7 a 10 cm de profundidade em relação à superfície foi descartada, para que não houvesse a interferência e contaminação das amostras, através do material vegetal, como raízes, sementes e folhas secas, térmitas e formigas, bem como esterco proveniente do trânsito animal na área.

Para cada ponto de coleta foram obtidas as coordenadas geográficas, por meio de GPS de navegação, utilizando o sistema de coordenadas Universal Transversa de Mercator (UTM), Datum WGS 84, fuso 21 S. Além disso, realizou-se um memorial fotográfico e anotações de campo, contendo informações sobre a cobertura vegetal, presença de mesofauna, distância de áreas de repouso e dessedentação animal, linhas preferenciais de escoamento de água da chuva em superfície, presença de núcleos de arenização e ravinas, e afloramentos de rocha. Esses registros foram posteriormente tabulados em planilhas do Excel e plotados no *software* ArcGIS 10.3 e gerado um arquivo *shapefile*, para elaboração de uma mapa de localização para estes pontos.

Após a coleta das amostras de solo, foi dado início às análises químicas e físicas, para as quais foram utilizadas diferentes técnicas e metodologias. De um modo geral, para este trabalho, a finalidade desses procedimentos é responder a questões como: disponibilidade de nutrientes para as plantas, a dinâmica catiônica, a disponibilidade de água para as plantas, suscetibilidade à erosão, entre outras características.

As análises sedimentológicas foram realizadas no Laboratório de Sedimentologia do Centro de Estudos Costeiros e Oceânicos CECO/UFRGS, sob orientação de Gilberto Silveira dos Santos. As análises químicas foram realizadas no Laboratório de Solos da Faculdade de Agronomia/UFRGS. Parâmetros como porosidade, água facilmente disponível e capacidade de retenção de água na matriz do solo foram realizadas no Laboratório de Análise de Substrato da Faculdade de Agronomia/UFRGS.

#### 4.1.1 Análises sedimentológicas

As análises sedimentológicas dizem respeito aos efeitos do transporte nos sedimentos, e consistem na determinação da morfoscopia, macroscopia, granulometria, densidade e teor de matéria orgânica. A importância dessas análises é, primeiramente, inferir a classificação textural e o potencial de agregação das partículas dos solos, através dos materiais cimentantes, fundamentalmente a argila

e a matéria orgânica. Estes fatores podem ser condicionantes para o desenvolvimento da vegetação e favorecer a erosão.

Nas etapas de laboratório, inicialmente, foi realizado o quarteamento das amostras seguida de secagem em estufa a 60°C das porções homogêneas, como mostra a Figura 6. Após, foi feita a pesagem de cada amostra em balança eletrônica de precisão.



Figura 6: Materiais utilizados em laboratório.

Autora: Carmem Lucas Vieira, 2014.

Para a determinação das classes texturais, ou seja, o percentual de cada fração granulométrica para cada amostra foi utilizada a definição da Associação Brasileira de Normas Técnicas ABNT (NBR 6502/95), e classificação da USDA (*United States Department of Agriculture*) que admite para cada fração os descritores no Quadro 1. A partir do percentual das frações em cada amostra, será definida a classe textural, utilizando o diagrama textural de acordo com a Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (Figura 7).

Frações	Diâmetro em mm
Areia muito grossa	2 - 1
Areia grossa	1 - 0,5
Areia média	0,5 - 0,25
Areia fina	0,25 - 0,10
Areia muito fina	0,10 - 0,05
Silte	0,05 - 0,002
Argila	<0,002

Quadro 1: Classe textural.

Fonte: SBCS

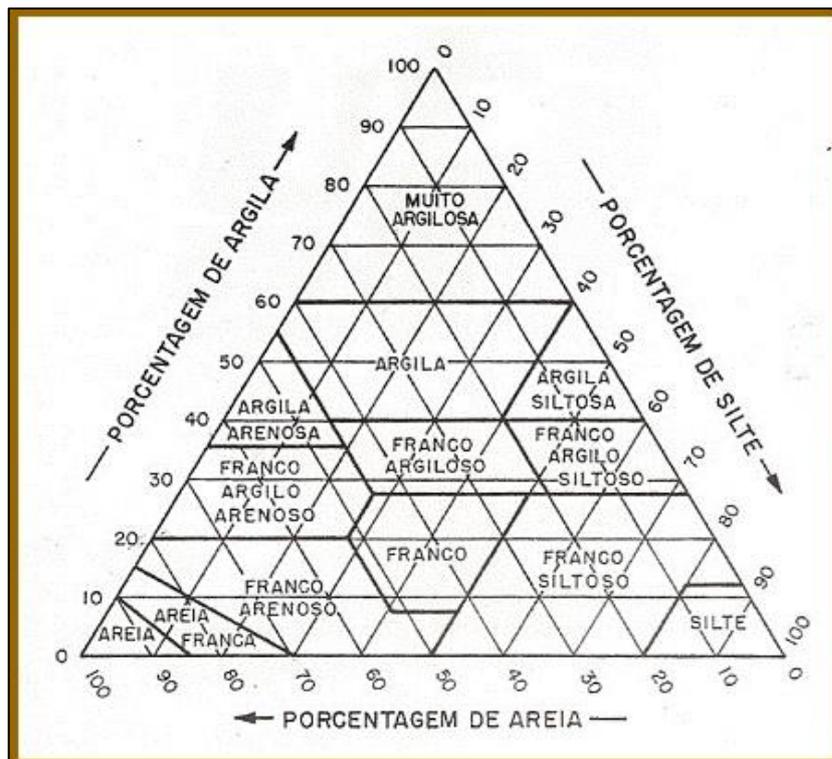


Figura 7: Diagrama textural.

Fonte: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS). Disponível em <[www.sbc.org.br](http://www.sbc.org.br)>. Acesso em 30 de nov de 2016.

Para a análise granulométrica foram utilizadas as metodologias determinadas pelo Laboratório de Sedimentologia do Centro de Estudos Costeiros e Oceânicos

CECO/UFRGS, que utiliza como referência as escalas logarítmicas de Krumbein (1922) & Wentworth (1963), conforme mostra o Quadro 2. Inicialmente, se faz necessária a separação dos sedimentos de tamanho fino e os de tamanho grosseiro, feita através da lavagem com água destilada de cada amostra sobre uma peneira de malha espaçada entre 0,62mm, por ser este, de acordo com a escala de Wentworth, o tamanho limítrofe entre os sedimentos finos e grosseiros, conforme mostra o Quadro 2. O material grosseiro é levado para secagem em estufa a 80°C para posterior análise.

O teor de materiais finos foi determinado com base na sedimentação gravitacional exemplificado na Lei de Stokes (PERGAMENT, 2015), utilizando o método de Pipetagem, sendo utilizado para mensurar a concentração de materiais finos nas amostras, através da decantação dos tamanhos silte e argila. Nesta etapa, os materiais finos são colocados em provetas de 1000 ml, adicionado 50 ml de pirofosfato de sódio, de modo a impedir a floculação das frações silte e argila.

<b>Diâmetro (mm)</b>	<b>Escala (phi)</b>	<b>Wentworth</b>	<b>Sedimentos</b>
2	-1	Grânulo	Grosseiros
1	0	Areia muito grossa	
0.5	1	Areia grossa	
0.25	2	Areia média	
0.125	3	Areia fina	
0.062	4	Areia muito fina	
0.0039	8	Silte	Finos
0.0002	12	Argila	

Quadro 2: Escala de Wentworth (1963).

Ao final do tempo indicado para a decantação, as amostras são recolhidas e colocadas em copos de Becker, para que seja feita a pesagem. Após, é feita a secagem em estufa a 60°C e, quando a água evapora, as amostras são pesadas novamente. O resultado da quantidade presente de argila em cada amostra é, portanto, a diferença entre o peso inicial e final.

Para a análise dos materiais grosseiros, o material separado e seco é pesado e, assim, cada amostra passa por um jogo de peneiras, confeccionada em malhas metálicas que correspondem aos intervalos granulométricos da escala de Wentworth (1963), em ordem decrescente. O material retido em cada uma das peneiras é pesado, de modo a estabelecer a porcentagem do tamanho granulométrico para cada amostra.

O teor de matéria orgânica foi determinado a partir da Associação Brasileira de Normas Técnicas ABNT (NBR 13600/1996) para a determinação de matéria orgânica por queima a 440°C, conforme orientações e metodologias de análise adotadas pelo laboratório. Este método consiste na queima em forno mufla, a uma temperatura de aproximadamente 440°C do material previamente seco em estufa, a uma temperatura de 105°C a 110°C, permanecendo ali por cerca de 24 horas. Passado este tempo, as amostras são retiradas da estufa e transferidas para o dessecador até atingir a temperatura ambiente. Após a secagem, são recolocadas na estufa aumentando gradualmente a temperatura até atingir 440°C, permanecendo até a queima total, ou seja, até apresentar constância na massa. O tempo para esse procedimento é em torno de 12 horas. As amostras, então, são recolocadas no dessecador, até novamente atingir a temperatura ambiente e, a seguir, é determinada a massa de matéria orgânica utilizando a equação  $MO = (1 \times B/A) \times 100$ . Onde MO é o teor de matéria orgânica em porcentagem, A é a massa da amostra seca em estufa à temperatura de 105°C a 110°C em gramas, e B é a massa da amostra queimada em forno mufla à temperatura de 440°C em gramas.

A morfometria foi descrita utilizando-se as metodologias de Suguio (2003), Bigarella et al. (1955) e a relação esfericidade-forma de Krumbein (1941 apud Paisanni, 2005), e corresponde à identificação da esfericidade, arredondamento e textura presentes em cada grão. Para a identificação foi utilizada lupa binocular e com base na técnica de comparação visual entre cartas representativas para a textura superficial (BIGARELLA et al, 1955), esfericidade (RITTENHOUSE, 1943 apud PAISANNI, 2005) e arredondamento (KRUMBEIN, 1941 apud PAISANNI, 2005). Os valores para arredondamento e esfericidade foram obtidos através das classes propostas por Paisanni (2005), apresentadas nos Quadros 3 e 4.

Índice de esfericidade	Grau de esfericidade
0 - < 0,1	Muito pobre
0,1 - < 0,3	Pobre
0,3 - < 0,5	Média
0,5 - < 0,7	Boa
0,7 - 0,9	Muito boa

Quadro 3: Classes de esfericidade.

Fonte: RITTENHOUSE, 1943 apud PAISANNI, 2005.

Índice de arredondamento	Grau de arredondamento
0 - < 0,1	Angular
0,1 - < 0,3	Subangular
0,3 - < 0,5	Subarredondado
0,5 - < 0,7	Arredondado
0,7 - 0,9	Bem arredondado

Quadro 4: Classes de arredondamento.

Fonte: Krumbein, 1941 apud PAISANNI, 2005.

#### 4.1.2 Análises químicas

As análises químicas consistem na verificação do teor de macronutrientes, acidez ativa (pH em H<sub>2</sub>O), acidez potencial (Al+H), capacidade de troca catiônica CTC, teor de argila e matéria orgânica do solo, utilizando metodologia própria conforme o Laudo de Análise do Solo. A importância dessas verificações se dá pelas informações sobre os nutrientes disponíveis e o potencial do solo em reter e disponibilizar os nutrientes, com consequências nas condições adequadas para o desenvolvimento da vegetação. Para fins deste trabalho, a aplicação desta etapa se faz necessária para mensurar, de modo geral, a presença ou não dos macronutrientes, índice de pH e CTC. Portanto, os resultados não serão descritos de

forma isolada, não sendo discriminada a importância e os resultados para cada um dos macronutrientes.

A concentração de macronutrientes como o fósforo (P) e o potássio (K), expressos na unidade  $\text{mg}/\text{dm}^3$ , foi determinada pelo método Mehlich I. A acidez ativa, pH, foi obtida com análise em água, na proporção 1:1. A capacidade de troca de cátions, CTC, expressa na unidade  $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ , foi obtida a pH 7,0. Os teores de cálcio (Ca), magnésio (Mg) e alumínio (Al) trocáveis, expressos em  $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ , foram extraídos com a solução de KCl 1 mol  $\text{L}^{-1}$ . O teor de argila em percentual foi determinado pelo método do densímetro. O teor de matéria orgânica foi determinado a partir da análise de digestão úmida, sendo o valor expresso em percentual.

#### 4.2 Traçado do perfil topográfico e cálculo das declividades

O perfil topográfico foi produzido por meio da coleta de 30 pontos (Figura 8) com o uso de GPS diferencial, conforme tabela disponível no ANEXO 1. Para uma melhor acurácia do levantamento, escolheu-se o tempo de rastreamento de 5 minutos para cada ponto. Os pontos foram obtidos utilizando como critério: interpretações visuais das modificações da vegetação, características da superfície e declividade.



Figura 8: Aquisição de pontos de controle.

Autora: Carmem Lucas Vieira, 2014.

Posteriormente, foi realizado o tratamento dos dados em laboratório, através de *software* DataPRO 3.00 Build 318, utilizando como base a estação da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC) do IBGE localizada no município de Santa Maria. Da posse dos pontos corrigidos, criou-se uma tabela em Excel. Posteriormente, realizou-se a exportação da tabela para o *software* ArcGIS 10.3, gerando novo perfil topográfico e o modelo digital de elevação (MDE) do terreno, conforme mostra a Figura 9. Para tal utilizou-se as ferramentas de análise da extensão 3D Analyst.

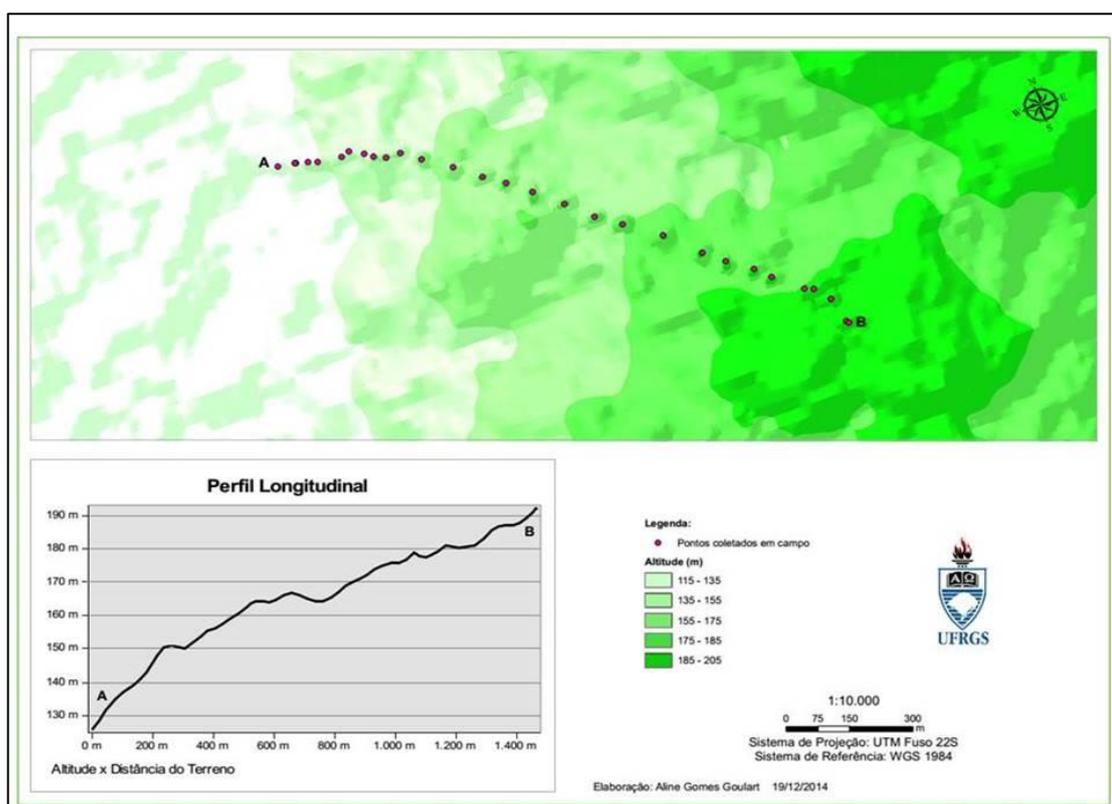


Figura 9: Perfil topográfico e modelo digital de elevação.

Elaborado por Aline Gomes Goulart, 2015.

Quanto à declividade, considera-se um importante parâmetro de análise, já que se trata da inclinação da superfície do terreno em relação ao plano horizontal, ou seja, é a relação entre a diferença de altura entre dois pontos e a distância horizontal entre esses pontos. É dada pelo ângulo de inclinação (zenital) da superfície do terreno em relação à horizontal (INPE, 2016). Os valores de declividade variam entre  $0^\circ$  e  $90^\circ$ , podendo ser expressos também em porcentagem. Como o relevo influencia no escoamento da água sobre o terreno, a declividade

pode vir a interferir na erosão e perda do solo. Dessa forma, de acordo com Lima et al. (2010), se faz necessário o conhecimento da declividade de um terreno antes de adotar quaisquer práticas de controle da erosão. Os cálculos para a declividade média demonstram a variação ao longo da área e estão expressos em porcentagem.

As declividades médias foram calculadas a partir do perfil gerado, fazendo a relação entre a distância vertical (DV) e a distância horizontal (DH), através da fórmula  $d (\%) = DV / DH \times 100$  (UZÊDA, 1963). A partir das declividades calculadas procurou-se fazer a verificação de correspondência entre a cobertura vegetal e os processos erosivos.

### 4.3 Identificação de mosaicos da vegetação

Esta etapa consiste na verificação de ocorrência de vegetação ao longo da propriedade e, também, se a vegetação presente é nativa ou não. Essa etapa visa auxiliar no diagnóstico quanto às características do solo e variações do relevo, pois ela pode ser uma ferramenta de auxílio numa leitura indireta das condições do meio.

Para a verificação da fitofisionomia foi utilizada a técnica de fotointerpretação, por meio da utilização de imagens de satélite *Digital Globe* de 2013, produzindo informações qualitativas e uma estimativa do percentual de cobertura. Para a determinação do tipo de vegetação, além da técnica de interpretação de imagens, foram realizadas expedições a campo com coleta de alguns indivíduos vegetais, herborização e identificação em herbário e bem como em referencial teórico específico para o sudoeste do Rio Grande do Sul e áreas com arenização. A pesquisa das espécies por identificação foi realizada no Herbário ICN, do Instituto de Biociências da UFRGS.

Inicialmente foi realizado um croqui esquemático para identificar as áreas com vegetação para posterior verificação *in loco*. Para tanto foi feito o *download* da imagem da propriedade, utilizando o *software Google Earth Pro*, satélite *Digital Globe* de 2013 com resolução espacial de 30 metros. Após, a imagem foi georreferenciada, através de pontos de controle, utilizando o *software ArcGIS 10.3*. Posteriormente, foi feita a vetorização das áreas com vegetação, delimitando-as, utilizando as ferramentas de edição do mesmo *software*. Em campo, foram

coletados alguns pontos utilizando GPS Garmim, próximo aos limites onde a cobertura vegetal se diferenciava e identificada como campo nativo e a concentração de determinada espécie. Em laboratório, foi feito o *download* dos pontos e transformados em um arquivo *shapefile* que, colocado junto à imagem, tornou possível delimitar as áreas com maior e menor ocorrência de vegetação nativa, típico para esse contexto de arenização.

#### **4.4 Espacialização**

A espacialização da área foi realizada a partir do diagnóstico ambiental realizado, por meio das do cruzamento dos diferentes aspectos levantados neste trabalho, conforme os objetivos propostos. A espacialização se fez por meio de um mapa, contendo a delimitação de setores principais, de acordo com suas características. O mapa foi gerado através do software ArcGIS 10.3, utilizando as ferramentas de edição para vetorização dos setores.

## **5. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Ao analisar a área de estudo, por seus diferentes aspectos propostos neste trabalho, pode-se verificar distinções que podem vir a substanciar um diagnóstico ambiental integrado. Para fins de localização e melhor espacialização para o leitor, os resultados serão descritos utilizando como base os pontos de coleta de amostras de solo, visto que o posicionamento destes são importantes indicadores das variações dos diferentes aspectos levantados (Figura 10).

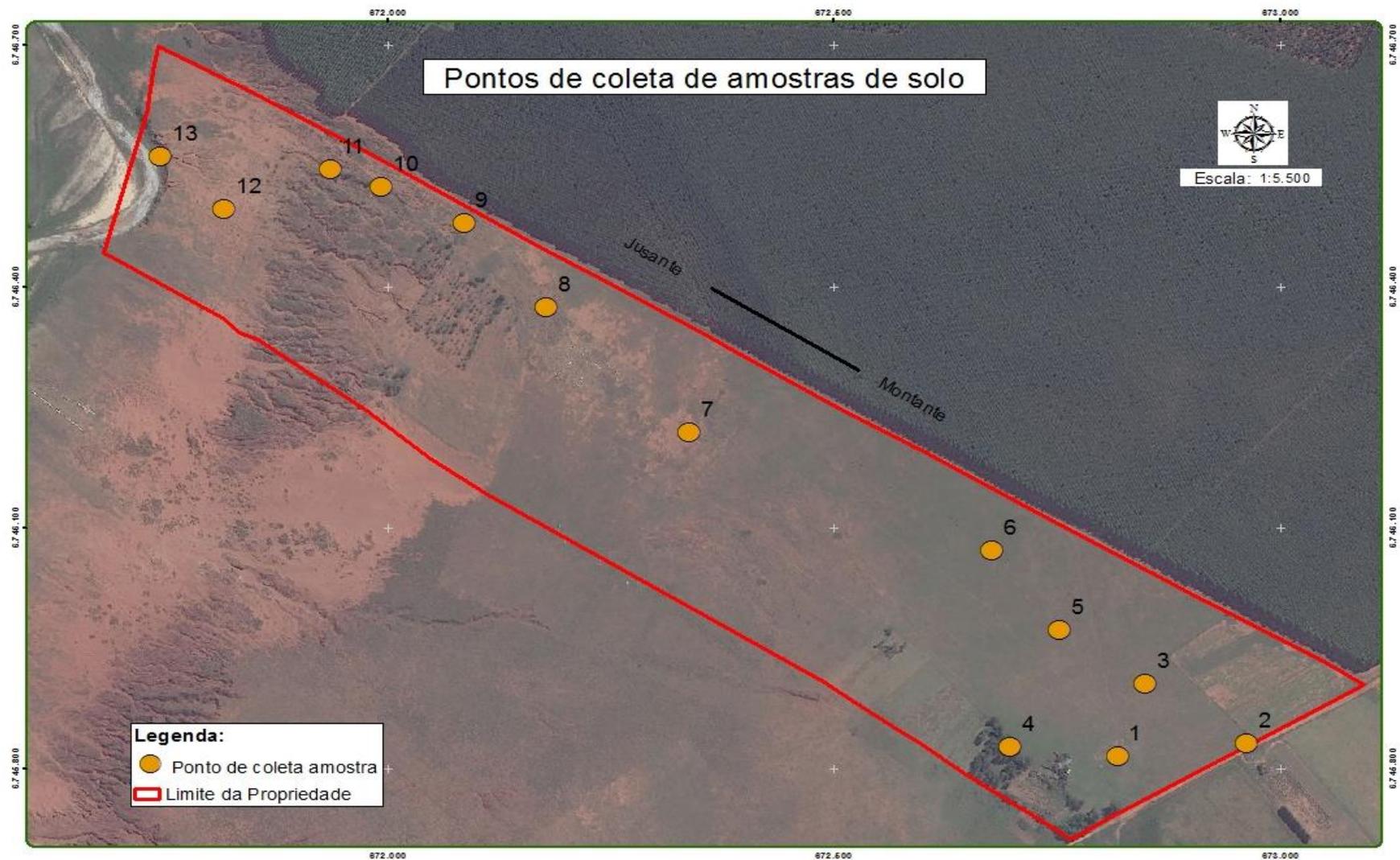


Figura 10: Mapa de localização dos pontos de coleta de amostras de solo.  
Elaborado por Aline Gomes Goulart, 2015.

### 5.1.1 Aspectos relativos à análise sedimentológica do solo e sua friabilidade

A classificação textural, predominantemente arenosa, interpretada a partir dos resultados das análises sedimentológicas, indicam um fator predisponente natural à desagregação e ao transporte de partículas pelo agente hídrico. Pode, também, condicionar os fatores de disponibilidade de nutrientes para as plantas.

Através da análise granulométrica e de morfoscopia é possível inferir o tipo, a forma e o aspecto visual dos grãos em cada amostra. Para estas amostras observa-se que predomina a areia, sendo que há um aumento no percentual para jusante da propriedade. O resultado da análise das frações granulométricas pode ser observado no Quadro 5.

Frações granulométricas					
Amostra	cascalho %	areia %	silte %	argila %	MO %
1	0,0000	88,2802	6,5362	5,1836	0,52
2	0,0000	84,5960	11,7590	3,6450	1,07
3	0,1461	83,4777	16,3372	0,0390	1,11
4	0,0000	85,2737	14,6783	0,0480	0,55
5	0,0000	83,8095	10,6660	5,5245	1,55
6	0,0340	85,6281	10,3193	4,0186	0,87
7	0,0000	89,0085	10,2876	0,7039	0,60
8	0,6674	88,7082	6,9409	3,6835	0,45
9	0,2682	86,5151	11,1417	2,0751	0,76
10	0,0596	84,5622	8,1836	7,1946	0,35
11	0,0000	86,0322	7,3761	6,5917	0,80
12	0,0000	92,5179	2,7203	4,7618	0,32
13	0,0000	90,8913	4,6141	4,4946	0,61

Quadro 5: Análise das frações granulométricas (CECO).

Elaborado por Aline Gomes Goulart, 2016.

A presença de cascalho é praticamente nula ao longo da propriedade. Os grãos de tamanho silte sofrem um aumento entre os pontos 2 a 7 e 9. Nota-se que há uma queda no percentual no ponto 8; sendo que nos pontos 11, 12 e 13 também apresentam queda.

A fração argila aparece com percentual baixo, de modo geral, sendo quase nula nos pontos 3, 4 e 7. Porém, o aumento da argila à jusante da propriedade,

principalmente no ponto 13 (talude fluvial), ocasiona o aumento da densidade do solo. Isso é explicado através do intemperismo das rochas basálticas, enriquecendo o solo com argilominerais e silicatos. A argila é importante constituinte do solo, pois possui maior superfície específica, apresentando assim, alta retenção de cátions e adsorção de fósforo. A fração argila é constituída de uma grande variedade de minerais que apresentam cargas elétricas negativas responsáveis pela capacidade de troca catiônica (PRADO, 2016).

O percentual de matéria orgânica é muito baixo, apresentando percentual 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 cerca de 1% nos pontos 2, 3 e 5 pode estar relacionado com o esterco bovino verificado nas áreas de maior trânsito animal e à presença de cobertura vegetal, próximo aos pontos de coleta 1 a 6.

É possível inferir que a granulometria ao longo da propriedade não sofre grandes alterações (Gráfico 1), demonstrando certa homogeneidade ao longo da propriedade, predominando a fração areia.

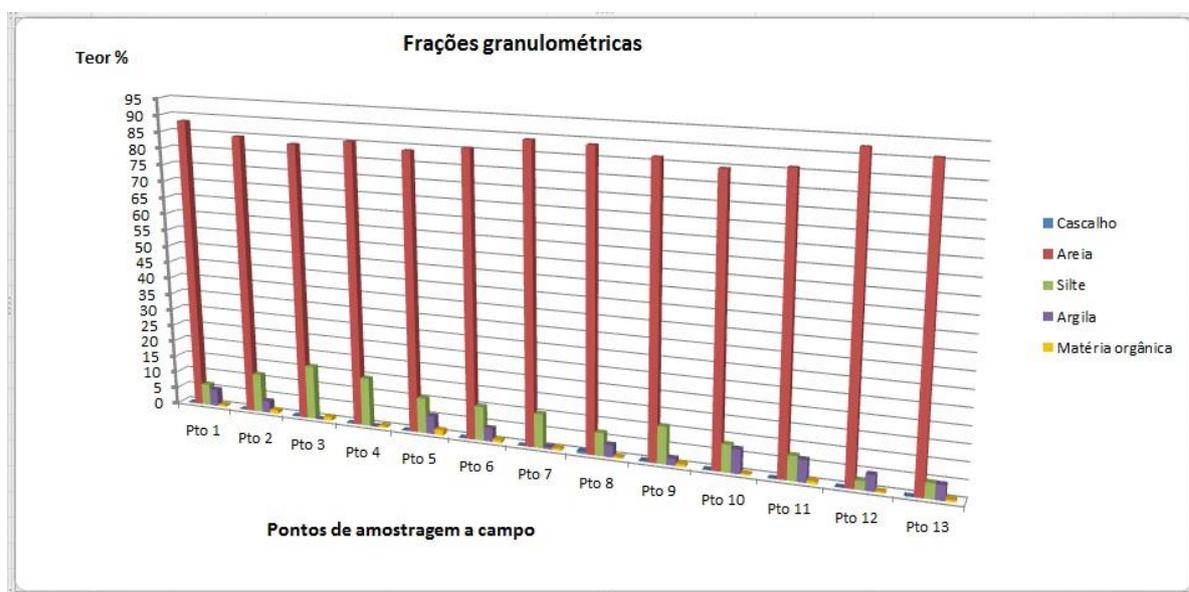


Gráfico 1: Frações granulométricas.

Elaborado por Carmem Lucas Vieira, 2015.

Os teores de areia podem dar um indicativo da porosidade, capacidade de infiltração e retenção de água no solo. No ponto 7, onde há a ocorrência de alguns focos iniciais de arenização, há um maior teor de areia fina, decrescendo nos pontos 8 a 11, e aumentando novamente no ponto 12, coincidindo com o ponto onde se

verificou formação de duna. Portanto, este material pode estar sendo carregado das porções mais altas da propriedade para jusante.

A areia fina representa cerca de 30% em cada amostra, atingindo 55% na amostra 12. No entanto, a areia média possui percentuais elevados, chegando a índices de cerca de 40% em algumas amostras. Sendo assim, a areia média acaba por ser determinante para a classificação arenosa deste solo. O solo arenoso, associado ao relevo e à declividade da área pode vir a propiciar o transporte de material provocando instabilidade no terreno e ocasionando a erosão. Também, através da porosidade de um solo arenoso, este pode favorecer a percolação da água da chuva de forma mais rápida para o lençol freático.

A análise textural proporcionou a identificação do solo como, predominantemente, arenoso, demonstrando maior permeabilidade permitindo a percolação da água. No Gráfico 2 é possível observar que há a predominância de areia fina e média. O Quadro 6 contém a classificação textural para cada ponto de coleta.

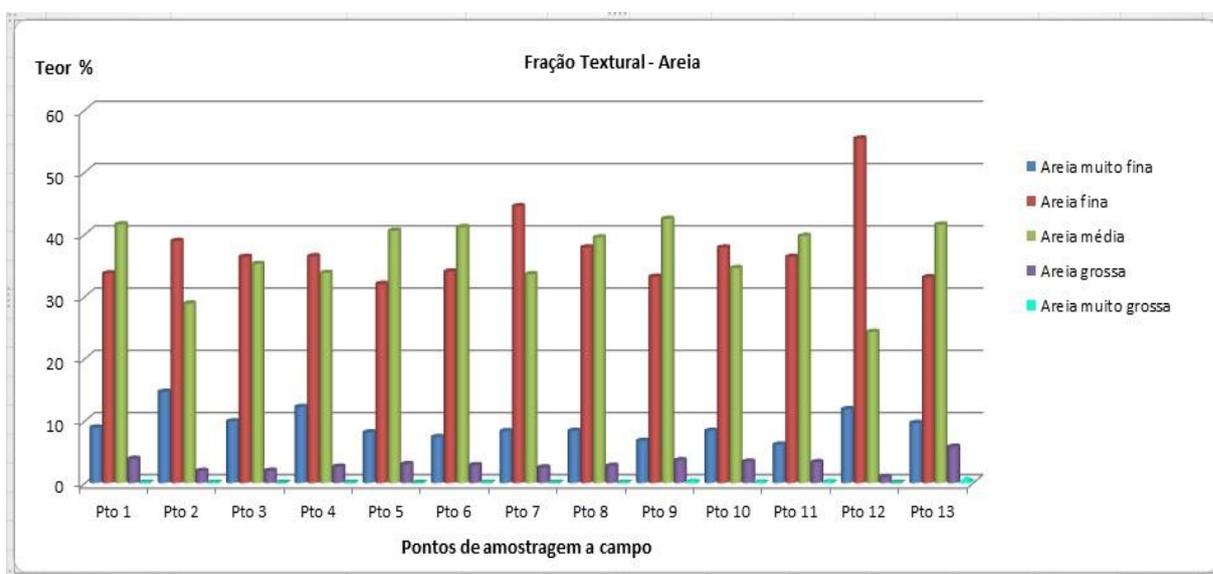


Gráfico 2: Fração textural - Areia.

Elaborado por Carmem Lucas Vieira, 2015.

Análise Textural	
Amostra	Textura
1	Arenosa
2	Areno-argilosa
3	Areno-argilosa
4	Arenosa
5	Areno-argilosa
6	Areno-argilosa
7	Arenosa
8	Arenosa
9	Arenosa
10	Areno-argilosa
11	Areno-argilosa
12	Arenosa
13	Arenosa

Quadro 6: Análise textural.

Elaborado por Aline Gomes Goulart, 2016.

#### 5.1.2 Aspectos relativos aos nutrientes e às qualidades agronômicas do solo

Através das análises químicas é possível conhecer os nutrientes que podem estar disponíveis para as espécies vegetais. Os elementos presentes na natureza, quando indispensáveis para o desenvolvimento das plantas, são os nutrientes. Ou seja, é considerado nutriente quando a deficiência desse elemento pode acarretar o não desenvolvimento normal de alguma espécie vegetal. Os nutrientes são classificados em macronutrientes (primários e secundários), e micronutrientes em função da demanda metabólica. São macronutrientes aqueles que são absorvidos em grande quantidade pelas plantas.

Os macronutrientes primários são o nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K). Os secundários são o cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e enxofre (S). São considerados macronutrientes, pois são absorvidos em grande quantidade e possuem função estrutural nas plantas. Para fins deste trabalho, foi realizada a análise dos macronutrientes presentes nas amostras de solo (Quadro 7).

PONTO DE COLETA	Ca (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	P (mg/dm <sup>3</sup> )	Mg (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	K (mg/dm <sup>3</sup> )
Amostra 1	0,1	4,3	0,1	38
Amostra 2	0,2	1,7	0,2	40
Amostra 3	0,6	7,1	0,5	144
Amostra 4	0,3	1,5	0,2	23
Amostra 5	1,55	2,4	0,6	20
Amostra 6	0,5	1,8	0,4	19
Amostra 7	0,1	2,4	0,1	7
Amostra 8	0,1	1,6	0,1	13
Amostra 9	0,1	1,6	0,1	15
Amostra 10	0,1	4,3	0,1	16
Amostra 11	0,1	4,1	0,1	10
Amostra 12	0,1	5,0	0,1	5
Amostra 13	0,1	0,7	0,1	6

Quadro 7: Análise de macronutrientes.

Elaborado por Aline Gomes Goulart, 2016.

De modo geral, os teores muito baixos para os macronutrientes, interferindo no metabolismo vegetal, com exceção do potássio (K), principalmente na porção à montante da propriedade, podendo estar relacionado à decomposição da rocha ou até mesmo ao aporte de esterco bovino.

O solo é o resultado da pedogênese, a mesma acontece através da intemperização da rocha, que libera os elementos que a constituem, propiciando então a disponibilidade de nutrientes que o solo possui. No entanto, um solo pode conter nutrientes, mas não tê-los disponíveis para as plantas. Isso porque, além das formas químicas em que o nutriente se encontra no solo, outros fatores são indispensáveis, como a umidade do solo, que é essencial para o transporte do solo para a planta, o pH do solo, além do sistema radicular e da forma absorção de cada espécie vegetal.

O pH do solo indica a disponibilidade dos nutrientes para as plantas, destacando que há diferença entre os nutrientes. Os macronutrientes ficam mais disponíveis em pH mais altos. Já os micronutrientes tem sua disponibilidade em valores de pH mais baixos. Dessa forma, os valores de pH do solo adequados para que os nutrientes estejam mais disponíveis são entre 6,0 e 6,5. Valores maiores são considerados solos básicos e valores menores, solos ácidos. A capacidade de troca

catiônica (CTC) pode condicionar a perda de nutrientes por lixiviação ou por volatilização (perda para a atmosfera pela evaporação).

Verifica-se que para todos os pontos baixos valores de pH e CTC, apresentando, assim, solo ácido, distrófico (com baixa fertilidade natural), e baixo teor de matéria orgânica. Não há grandes diferenças texturais ao longo da propriedade, o que torna o substrato relativamente homogêneo. Porém, o aumento nos percentuais de argila e areia fina a jusante ocasionam o aumento na densidade do solo. Os macronutrientes apresentam teores muito baixos, podendo influenciar negativamente no metabolismo vegetal.

## 5.2 Aspectos relativos à declividade como parâmetro morfológico

Quanto à declividade, observam-se valores diversos (Quadro 8). Entre os pontos 1 a 5, nas cotas que variam de 190 à 180 metros, os valores de declividade obtidos foram em torno de 6%. O ponto 6, a 7, cotas 180 a 170 metros, apresenta 2,2%. Os pontos 7 e 8, com cotas 170 a 160 metros, apresentam 3,1%. Entre os pontos 8 e 9, 6,4%. Sendo, portanto, para os pontos 6 e 7, e 7 e 8 os menores valores de declividade. Para os pontos 9 a 10, cotas 160 a 150 metros, apresenta-se com 6,25%. Os pontos 10 e 11, entre as cotas 150 a 140 metros, com 6,1%. Nos pontos 11 e 12, 7,8%, e 12 e 13, entre as cotas 140 a 130 metros, 8,7%. A Figura 11 mostra o perfil longitudinal em relação aos pontos de coleta de amostras de solo.

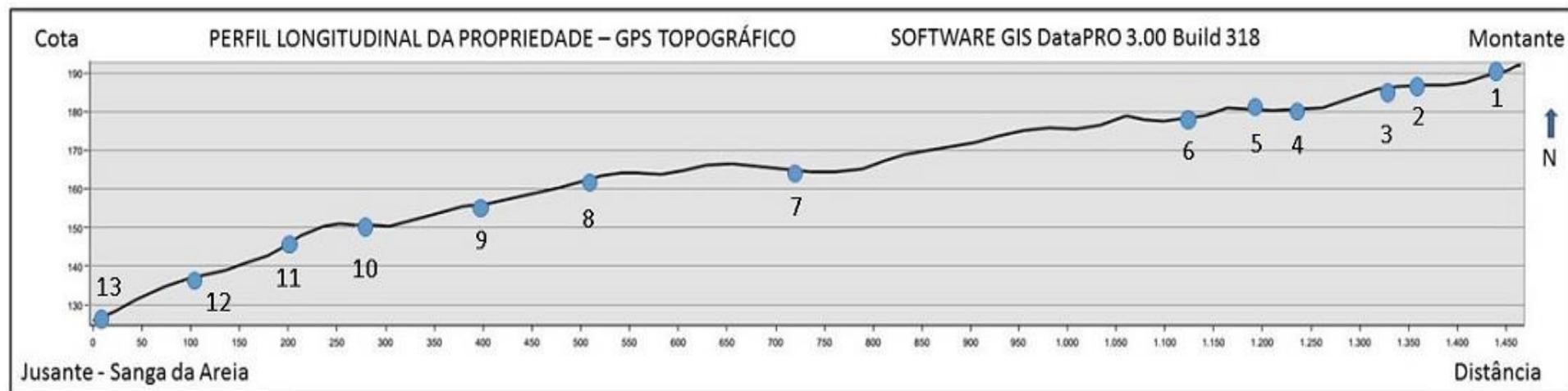


Figura 11: Perfil longitudinal e pontos de coleta de amostras de solo.

Elaborado por Aline Gomes Goulart, 2015.

Intervalo pontos	Declividade (%)
1 - 2	6,6
2 - 3	4
3 - 4	6,1
4 - 5	6,41
5 - 6	5
6 - 7	2,2
7 - 8	3,1
8 - 9	6,40
9 - 10	6,25
10 - 11	6,1
11 - 12	7,8
12 - 13	8,7

Quadro 8: Valores de declividade.

Elaborado por Aline Gomes Goulart, 2016

Utilizando como base as classes de declividade e relevo da EMBRAPA (1979), conforme o Quadro 9, pode-se inferir que os pontos entre 1 a 5, 9, 10 e 11 encontram-se em relevo suave-ondulado; o ponto 6 apresenta um relevo plano; os pontos 7 e 8 apontam relevo suave-ondulado, com valor de 3,1%, podendo estar contido num relevo plano, considerando a margem de erro. Os pontos 12 a 13 apontam um relevo ondulado, apresentando um maior valor de declividade nesta área.

Verifica-se que os processos erosivos avançados estão concentrados entre os pontos 10 e 11. Como não há uma alteração brusca nos valores de declividade, é possível verificar que de forma isolada para a propriedade rural, a declividade pode não ser um fator predominantemente condicionante para o desenvolvimento de processos erosivos em superfície.

Declividade (%)	Relevo
0 - 3	Plano
3 - 8	Suave-ondulado
8 - 20	Ondulado
20 - 45	Forte-ondulado
45 - 75	Montanhoso
>75	Forte-montanhoso

Quadro 9: Classes de declividade e relevo.

Fonte: EMBRAPA, 1979.

### 5.3 Aspectos relativos à cobertura vegetal e sua diversidade biológica

Quanto à vegetação, observa-se significativa presença de cobertura vegetal nativa ao longo da propriedade, com predominância de espécies campestres entre os pontos 1, a montante, e 6, a jusante. Nesta porção pode-se verificar espécies como *Oxalis sp.*, *Herbetia lahue*, *Portulaca sp.*, *Solanum hasslerianum*, entre outras (Figura 13). Conforme descrito por Freitas (2006; 2010), essas espécies possuem diferentes características, como potencial ornamental, medicinal, forrageiro, entre outros. Nas proximidades do ponto 1 observa-se a presença de concreção ferruginosa (Figura 12).



Figura 12: Concreção ferruginosa próxima ao ponto de coleta 1.

Autora: Aline Gomes Goulart, 2016.



Figura 13: Espécies vegetais presentes na área de estudo. a) *Oxalis* sp.; b) *Herbetia lahue*; c) *Portulca* sp.; d) *Solanum hasslerianum*.

Autora: Carmem Lucas Vieira, 2015.

Entre os pontos 6 e 8 observa-se uma rarefação da vegetação e manchas de solo exposto (Figura 14) para jusante, principalmente no lado esquerdo (sentido montante à jusante). Nas proximidades do ponto 7, com a presença do *Elyonurus* sp.

(capim limão) no entorno dos núcleos de arenização (Figura 15c), e um maciço de espécies mirtáceas nativas, de porte anão, como *Eugenia pitanga* (Figura 15d). Nesta área é possível observar a transição do meio para um contexto de rarefação da cobertura vegetal, a ocorrência de manchas de solo exposto, com formação de dunas (Figura 15b). Na Figura 15a é possível ver manchas de solo exposto.



Figura 14: Área de transição com rarefação da cobertura vegetal e ocorrência de manchas de solo exposto.

Autora: Aline Gomes Goulart, 2016.

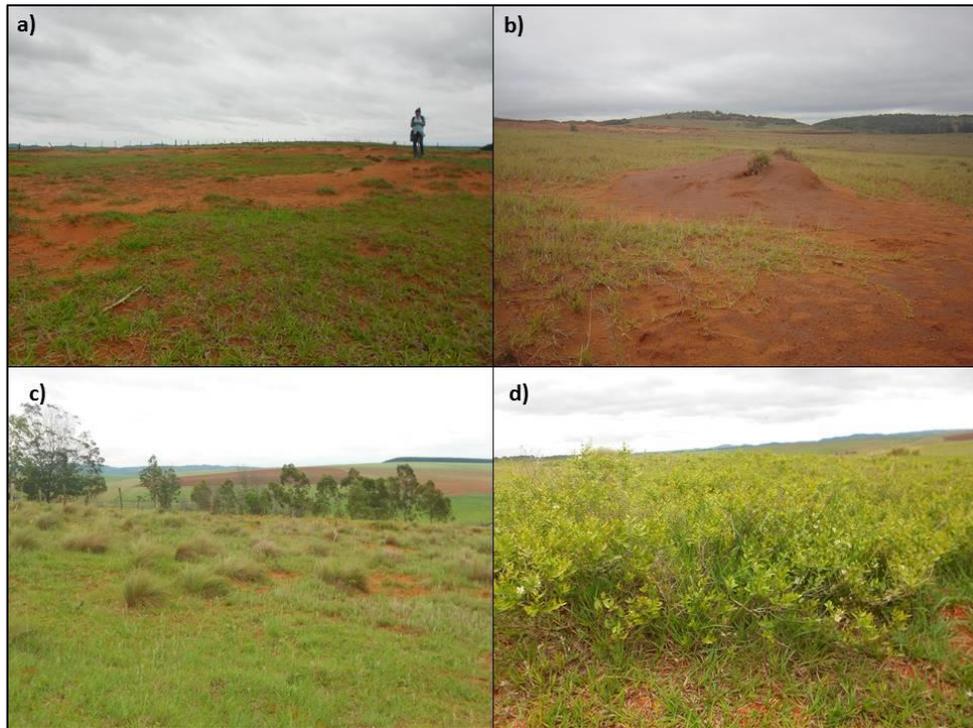


Figura 15: a) manchas de solo exposto; b) duna de areia em meio ao solo exposto; c) Presença de *Elyonurus sp* (capim limão) próximo aos núcleos de arenização; d) Maciço de *Eugenia pitanga* próximo ao início da área com processos erosivos.  
 Autora: Carmem Lucas Vieira, 2015.

É possível observar que há diferentes padrões na cobertura vegetal entre os pontos 1 e 8, diferenciando-se conforme as ondulações do relevo. Nos desníveis convergentes, onde ocorre a concentração de água da chuva, a vegetação é mais densa e vistosa, com predomínio das gramíneas da família *Cyperaceae*, típicas de ambientes úmidos. Nas áreas mais altas e planas, há maior diversidade florística e adensamento sazonal das espécies campestres nativas.

Entre os pontos 8 e 13, onde ocorrem as ravinas e os processos de erosão eólica, observa-se a escassez de espécies nativas e a presença de núcleos de arenização, com sedimentos em forma de dunas. Nos taludes das ravinas é possível observar a presença esparsa de musgos e líquens (Figura 16d). A Figura 16a e Figura 16b mostram os processos erosivos observados. Na Figura 16c observa-se a presença de uma espécie vegetal encontrada não identificada.

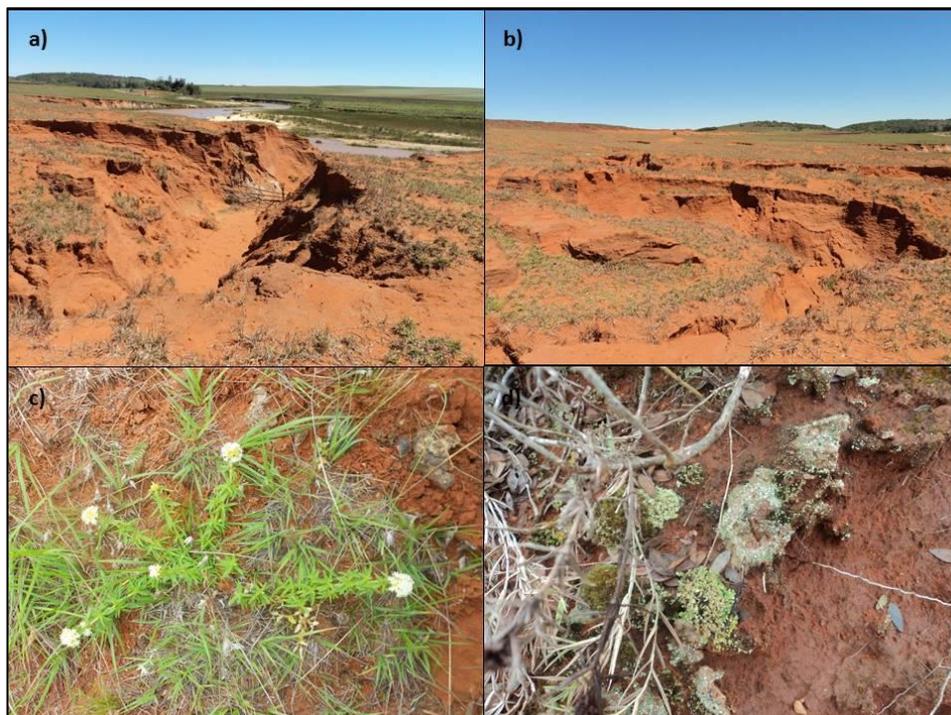


Figura 16: a) e b) ravinas e processos erosivos acentuados; c) espécie vegetal não identificada (Autora: Carmem L. Vieira, 2015); d) Musgos e líquens em talude de ravina.

Autora: Aline Gomes Goulart, 2015.

Verifica-se, portanto, que há uma diferenciação da densidade da cobertura vegetal e, até mesmo, das espécies que compõe o solo, no sentido montante-jusante. À medida que a vegetação fica esparsa, nota-se a presença de processos erosivos-deposicionais, como as dunas de areia, os núcleos de arenização e, por fim, a partir do ponto 9, a presença de ravinas.

#### 5.4 Espacialização da propriedade

Finalmente, a partir do diagnóstico realizado até aqui, é possível propor a delimitação da propriedade em três principais setores, no qual são denominados como: 1) área com cobertura vegetal nativa, 2) área de transição e 3) perímetro erosivo, de acordo com a interpretação integrada dos aspectos condicionantes, conforme visto ao longo deste trabalho (Figura 17).

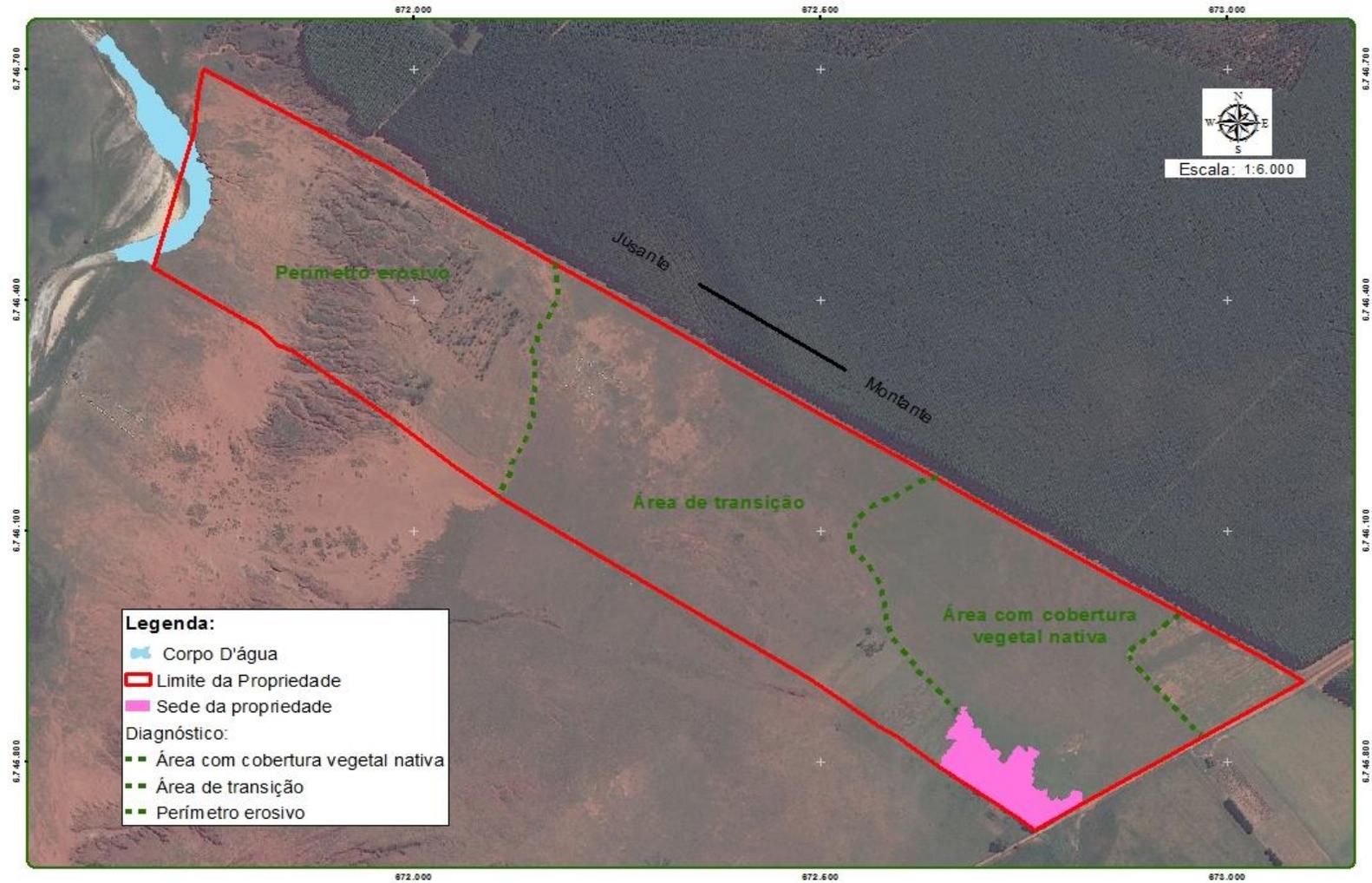


Figura 17: Delimitação da propriedade em três setores: área com cobertura vegetal nativa, área de transição e perímetro erosivo.

Elaborado por Aline Gomes Goulart, 2016.

- 1) Área com cobertura vegetal nativa: nesta porção situa-se a sede da propriedade e é o local onde o trânsito animal é frequente. Apresenta cobertura vegetal nativa densa e preservada, com grande número de espécies. Apresenta baixos percentuais de declividade. O relevo predominante é suave-ondulado, se tornando plano próximo ao limite do setor;
- 2) Área de transição: verifica-se a rarefação da vegetação, principalmente no lado esquerdo (sentido montante-jusante), onde há a ocorrência de núcleos de arenização. São observados diferentes padrões na cobertura vegetal, conforme a variação do relevo;
- 3) Perímetro erosivo: caracterizado pela elevada densidade de ravinas, através do escoamento concentrado da água, e de núcleos de arenização com acúmulo de sedimentos formando dunas, através da ação eólica. Apresenta poucas espécies vegetais nativas.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS E PROPOSIÇÕES

Desenvolveu-se o presente trabalho na tentativa de mensurar a possibilidade realizar diagnósticos ambientais integrando diferentes fatores que, de acordo com a bibliografia produzida até então, interferem no meio e são essenciais para o reconhecimento e interpretação da arenização. Observa-se que os fatores dialogam entre si, não podendo um fator ser visto de forma isolada.

Os resultados indicam que há similaridade entre as características e os condicionantes presentes na propriedade rural estudada, com a região de ocorrência da arenização, demonstrando ser válido o uso dos referenciais que tratam desta temática. As metodologias empregadas demonstram ser adequadas, tais como: as análises físico-químicas do solo para obter a classe textural arenosa, teor de matéria orgânica, a capacidade de troca catiônica (CTC), teor de argila e acidez do solo, e o uso da bibliografia para identificar a cobertura vegetal. O conhecimento desses condicionantes e dinâmicas do meio possibilitou a realização de um diagnóstico preliminar, com baixos custos e, sobretudo, o desenvolvimento de uma metodologia de pesquisa que pode ser aplicada em outras propriedades rurais da região.

Cabe destacar que, juntamente com a definição da declividade como um dos condicionantes do meio, seria importante mensurar outros que podem vir a influenciar na erosão superficial, tais como: a inclinação, a profundidade da rocha em relação aos fraturamentos e as camadas impermeáveis subsuperficiais.

As análises permitiram saber que se trata de um solo com baixa fertilidade natural. Verifica-se que é importante a adubação do solo no perímetro erosivo e área de transição. A vegetação nativa demonstra estar adaptada às condições do meio, mas demonstra dificuldades de colonização nos locais, onde já tenha sido removida pela erosão, sendo necessária a adoção de técnicas que proporcionem a estabilização dos processos erosivos, para que o reestabelecimento de uma nova cobertura vegetal seja estimulado. Também, é importante a implantação de corredores para o trânsito animal, de forma a isolar as áreas com erosão.

Como recomendações técnicas à proprietária, sugere-se a implantação de projetos de recuperação para o perímetro erosivo, isolando a área. Existe uma gama de técnicas que visam mitigar, prevenir e recuperar áreas com ocorrência de

processos erosivos, sobretudo, no contexto de arenização. Algumas medidas são indicadas por Suertegaray (2012), como a utilização de barreiras de contenção dispostas dentro das ravinas, de modo a diminuir a velocidade da água e dispersá-la dos caminhos preferenciais, revegetação e inserção de matéria orgânica.

Autores apontam a importância da utilização das espécies nativas para reversão e prevenção dos processos de arenização, como Trindade (2003) e Freitas (2006; 2010), que propõem a utilização de espécies nativas dos areais, devido aos potenciais ornamentais, forrageiros, medicinais e, sobretudo, por apresentarem adaptações ao meio. Corroborando o tema, atualmente, existem projetos que visam à restauração do Bioma Pampa, atendendo os pressupostos da Lei Federal 12.651/2012 (Código Florestal), como o Projeto Plantas do Futuro do Ministério do Meio Ambiente (MMA), Projeto Biomas da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) com parceria da Confederação da Agricultura e Pecuária no Brasil (CNA) e a Lista Vermelha das Espécies Ameaçadas de Extinção, da Fundação Zoobotânica.

Outra possibilidade seria a implantação de um Sistema Agroflorestal, também previsto na Lei Federal 12.651/2012, no seu inciso VII, que trata sobre o manejo sustentável como instrumento de recuperação da biodiversidade e obtenção de benefícios econômicos e sociais, respeitando os mecanismos de sustentação do ecossistema. Este podendo ser uma alternativa de conservação e, ao mesmo tempo, proporcionando uma atividade econômica para a proprietária rural.

## REFERÊNCIAS

AB'SABER, A.N. **Um conceito de Geomorfologia a Serviço das Pesquisas Sobre o Quaternário**. In: Geomorfologia, vol. 18, São Paulo, IGEOG-USP, 1969, p. 01-23.

AB'SABER, A.N. **Participação das superfícies aplainadas nas paisagens do Rio Grande do Sul**. Geomorfologia, São Paulo, v. 19, p. 1-17, 1969.

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

AZEVEDO, A.C. & KAMINSKI, J. **Considerações Sobre os Solos dos Campos de Areia do RS**. In: Ciência & Ambiente. Santa Maria, n. 11, p. 65-70. 1995.

BELLANCA, E. T. Uma contribuição para a explicação da gênese dos areais do Sudoeste do Rio Grande do Sul. 2002, 88 f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geografia, UFRGS, Porto Alegre, 2002.

BIGARELLA, J.J., HARTKOPF, C.C., SOBANSKI, A. & TREVISAN, N. **Textura superficial dos grãos em areais e arenitos**. *Arquivos de Biologia e Tecnologia*, X, 253-275. 1955.

BINDA, A. L. **Eventos Hidrológicos Extremos e Morfodinâmica Fluvial em Área Afetada por Processos de Arenização no Sudoeste do Rio Grande do Sul – Bacia Hidrográfica do Rio Miracatu**. 2016. 280 f. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geografia, UFRGS, Porto Alegre, 2016.

Bioma Pampa: diversidade florística e fisionômica/ Ilsi Iob Boldrini...[et al.]. Porto Alegre: editora Palloti, 2010. 64p:il. 1. **Fitogeografia\_Rio Grande do Sul**. 2. **Campos naturais**. Ilsi Iob Boldrini, Pedro Maria de Abreu Ferreira, Bianca Ott Andrade, Angelo Alberto Schneider, Robberson Bernal Setubal, Rafael Trevisan e Elisete Maria de Freitas. VII. Título.

BRASIL, **Lei 12.651 de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos, 2012. Disponível em <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm)> Acesso em 05 de jun, 2016.

CASSETI, V.; **Geomorfologia**. Disponível em:  
<<http://www.funape.org.br/geomorfologia>>. Acesso em 05 jun. 2015.

CORDANI, U.G.; VANDOROS, P. Basaltic **Rocks of the Paraná Basin**. In: BIGARELLA, J.J.; BECKER, R.D.; PINTO, I.D. (Editors). Problems in brazilian gondwana geology. Curitiba: UFPR, 1967, p. 203-231.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Classes de declividade**, 1979. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em <<https://www.embrapa.br>>. Acesso em 04 de dezembro de 2016.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária , Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2 ed. Rev. Atual. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Rio de Janeiro. 1997. 212 p.: il.

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](http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/bacia_uru_ibicui)>. Acesso em 25 de outubro de 2016.

FLORES, C. A. **Mapa de solos e Legenda de identificação**: Carta Topográfica Vila Kramer, São Francisco de Assis, RS, 2009.

FREITAS, E. M. **Arenização e fitossociologia da vegetação de campo no município de São Francisco de Assis – RS**. Dissertação de Mestrado. UFRGS, 2006.

FREITAS, E. M. Campos de Solos Arenosos do Sudoeste do Rio Grande do Sul: Aspectos Florísticos Adaptativos. Tese de Doutorado. UFRGS, 2010.

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, nº 11, p. 69-74, 2010.

GASS, S. L. B. **Zoneamento Ambiental Como Subsídio Para a Definição das Áreas de Preservação Ambiental**. Tese de Doutorado. UFRGS, 2015.

GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. da; BOTELHO, R. G. M.; (org). **Erosão e Conservação dos Solos: Conceitos, Temas e Aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.

GUERRA, A. T., GUERRA, A. J. T., **Novo dicionário geológico-geomorfológico**. 9º edição. Rio de Janeiro. Bertrand Brasil, 2011. 446 p.: il.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Bioma Pampa**. 2004. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em 22 de setembro de 2016.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades. **Censo 2010**. Disponível em <<http://cidades.ibge.gov.br/>>. Acesso em 20 de setembro de 2016.

INCRA - Instituto de Colonização e Reforma Agrária. **Índice Básico de Módulos Fiscais por Município**, 2013. Disponível em < <http://www.incra.gov.br/>> . Acesso em 14 de dezembro de 2016.

JABUR, I.C. **O Grupo São Bento no Rio Grande do Sul**. Boletim de Geografia, Maringá, Ano 3, n.3, p.109-152, 1985.

KRUMBEIN, W.C. **Measurement and geological significance of shape and roundness of sedimentary particles**. Journal of Sedimentary Petrology, 11, (2): 64-72. 1941.

LIMA, J. M., OLIVEIRA, C. G., MELO, C. R. **Conservação do Solo e da Água Notas de Aulas Práticas**. Universidade Federal de Lavras. Lavras, 2010.

MARCHIORI, J.N.C. **Areais no sudoeste do Rio Grande do Sul: elementos para uma História Natural**. Ciência & Ambiente, Santa Maria, n. 03, p. 65-89. Jul/dez, 1992.

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

MÓSENA, M., **Agricultura em áreas frágeis: as transformações decorrentes do processo de arenização em São Francisco de Assis/RS**. 2008. 175 f. – Faculdade de Ciências Econômicas, Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Rural, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2008.

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**, São Paulo, v.21. nº1/2, p.15-32, 2002.

PAISANI, J. C. **Análise Morfométrica e de Textura Superficial de Grãos Utilizada na Identificação de Litofácies Eólica e de Dissipação em Rampa Arenosa/Dissipação: o caso da Praia Mole (Ilha de Santa Catarina)**. Geosul (UFSC), Florianópolis, v. 20, n. 39, p. 105-118, 2005.

PERGAMENT, M.I. *Methods of experimental physics*. London-New York: Taylor & Francis group/CRC Press. 2015.

PETRI, S.; FÚLFARO, V.J. **Geologia do Brasil**. São Paulo: T.A. Queiroz e USP, 1983. 631p.

Portal do INPE. **Divisão de processamento de Imagens. Declividade. Disponível** em <<http://www.dpi.inpe.br/Ambdata>>. Acesso em 04 de dezembro de 2016.

PRADO, H.. **Textura do solo** - Portal Pedologia Fácil. Disponível em <<http://www.pedologiafacil.com.br/textura>>. Acesso em 06 de dezembro de 2016.

PORTAL SBCS – Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. **Diagrama textural**. Disponível em <<http://www.sbc.org.br>>. Acesso em 30 de novembro de 2016.

ROSS, J. L. S. **Gemorfologia: ambiente e planejamento**. 8 ed. – São Paulo: Contexto, 2005. – (Repensando a Geografia).

ROSSATO, M.S.; **O clima no sudoeste do Rio Grande do Sul**. In: SUERTEGARAY, D. M. A.; SILVA, A. P.; GUASSELLI, L. A.; (org). *Arenização: Natureza Socializada*. Porto Alegre: Compasso Lugar-Cultura: Imprensa Livre, 2012.

SEMA – Secretaria do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. Estado do Rio Grande do Sul. **Bacia Hidrográfica do Rio Ibicuí**, 2008. Disponível em: <<http://www.sema.rs.gov.br/>>. Acesso em: 25 de novembro de 2016.

SALAMUNI, R.; BIGARELLA, J.J. **The Botucatu Formation**. In: BIGARELLA, J.J.; BECKER, R.D.; PINTO, I.D. (Editors). *Problems in brazilian gondwana geology*. Curitiba: UFPR, 1967, p.197-206

SCHERER, C.M.S. **Eolian dunes of the Botucatu Formation (Cretaceous) in southernmost Brazil: morphology and origin**. *Sedimentary Geology*, v.137, 2000, p.63-84.

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. (Editores). *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*, v.52, 2005, p.1323-1341

SEPLAG – Secretaria do Planejamento, Mobilidade e Desenvolvimento Regional. **Biomassas do Rio Grande do Sul**, 2012. Disponível em: <<http://www1.seplag.rs.gov.br/>>. Acesso em 10 de dezembro de 2016.

SILVA, D.L.M. **Microclima e Bioindicadores Paleoclimáticos em Paisagens com Ocorrência de Arenas em São Francisco de Assis**, RS. 2009. 152 f. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2009.

SILVA, L.A.P., **Paisagem com areais: ecossistema testemunho, uma janela temporal**. In: SUERTEGARAY, D. M. A.; SILVA, A. P.; GUASSELLI, L. A.; (org). Arenização: Natureza Socializada. Porto Alegre: Compasso Lugar-Cultura: Imprensa Livre, 2012, 307-351 p.

SUERTEGARAY, D. M. A. **A Trajetória da Natureza: Um Estudo Geomorfológico Sobre os Arenas de Quaraí – RS**. Tese de Doutorado. São Paulo, 1987, 243 p.

SUERTEGARAY, D. M. A. **Rio Grande do Sul: Morfogênese da Paisagem Questões para a Sala de Aula**. Boletim Gaúcho de Geografia, n. 21, Porto Alegre, 1996, 117-132 p.

SUERTEGARAY, D.M.A. **Deserto Grande do Sul: Controvérsia**. 2ª edição. Porto Alegre: Ed. Da Universidade, UFRGS, 1998, 109 p.

SUERTEGARAY, D.M.A.; GUASSELLI, L.A.; VERDUM, R. **Atlas da Arenização – sudoeste do Rio Grande do Sul**. 01 ed. Porto Alegre. Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia e Governo do Rio Grande do Sul, 2001. 84 p.

SUERTEGARAY, D.M.A. **Arenização: Análise morfogenética**. SUERTEGARAY, D. M. A.; SILVA, A. P.; GUASSELLI, L. A.; (org). Arenização: Natureza Socializada. Porto Alegre: Compasso Lugar-Cultura: Imprensa Livre, 2012, 127-172 p.

SUERTEGARAY, D.M.A. **Identificação e caracterização de ações e medidas relativas à prevenção, mitigação e recuperação de áreas arenizadas**. SUERTEGARAY, D. M. A.; SILVA, A. P.; GUASSELLI, L. A.; (org). Arenização: Natureza Socializada. Porto Alegre: Compasso Lugar-Cultura: Imprensa Livre, 2012, 433-450 p.

SUGUIO, K. **Geologia Sedimentar**. São Paulo: Blucher. 2003.

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

TRENTIN, R.; ROBAINA, L.E.S.; SCCOTI, A.A.V., **Determinação dos litótipos aflorantes na bacia hidrográfica do rio Ibicuí**, RS. Geografia Ensino e Pesquisa, v. 19, n.2, p. 75-95, mai/ago. 2015.

TRINDADE, J. P. P. **Processos de degradação e regeneração da vegetação campestre do entorno e areais do Sudoeste do Rio Grande do Sul**. 2003. 161 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Agronomia, PPG em Zootecnia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

UZÊDA, Olívio Gondim. **Topografia**. Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico S. A., 1963. 412 p.

VERDUM, R. **Approche géographique des “deserts” dans les communes de São Francisco de Assis et Manoel Viana, État du Rio Grande do Sul, Brésil**. 1997. 210 p. Tese (Doutorado) – Université 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. & Suetegaray, D.M.A. **Rio Grande do Sul: Paisagens e Territórios em Transformação**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2ª edição. 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.

USDA – **United States Department of Agriculture**. Disponível em: <<https://www.usda.gov/>>. Acesso em 25 de outubro de 2016.

## ANEXOS

### ANEXO 1 – Tabela de pontos de coleta de perfil topográfico

Pontos de coleta perfil topográfico			
Ponto	Latitude	Longitude	Altitude
1	293982587	552301910	145.357
2	293983109	552297452	144.550
3	293983039	552297653	144.925
4	293983070	552297634	145.167
5	293983766	552294621	147.112
6	293984401	552292362	149.053
7	293985028	552286432	153.170
8	293984380	552284291	153.601
9	293985917	552280992	156.137
10	293987138	552279046	158.583
11	293988227	552276251	162.288
12	293988333	552272617	166.103
13	293991111	552268229	170.699
14	293994920	552261659	175.637
15	293999063	552255699	180.978
16	294001981	552250782	184.223
17	294005703	552245360	183.535
18	294010454	552239047	182.794
19	294015246	552233217	186.894
20	294018762	552227370	191.271
21	294023942	552219021	196.723
22	294030324	552211406	199.665
23	294033719	552206713	200.657
24	294037319	552200898	196.926
25	294040253	552197503	192.577
26	294045020	552190907	196.523
27	294045720	552188761	198.49
28	294049009	552185602	200.427
29	294054721	552183957	203.176
30	294055226	552183473	204.980