

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel
Programa de Pós-Graduação em Manejo e Conservação do Solo e da
Água



Dissertação

**Modelagem da profundidade de Neossolos derivados de rochas graníticas
do Sul do Rio Grande do Sul**

Adão Pagani Junior

Pelotas, 2022

Adão Pagani Junior

**Modelagem da profundidade de Neossolos derivados de rochas graníticas
do Sul do Rio Grande do Sul**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Manejo e Conservação do Solo e da Água da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências.

Orientador: Dr. Luiz Fernando Spinelli Pinto

Coorientador: Dr. Pablo Miguel

Pelotas, 2022

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

P129m Pagani Junior, Adão

Modelagem da profundidade de Neossolos derivados de rochas graníticas do sul do Rio Grande do Sul / Adão Pagani Junior ; Luiz Fernando Spinelli Pinto, orientador ; Pablo Miguel, coorientador. — Pelotas, 2022.

85 f.

Dissertação (Mestrado) — Manejo e Conservação do Solo e da Água, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2022.

1. Mapeamento digital de solos. 2. Random forest. 3. Pedometria. 4. Predição espacial. 5. cLHS. I. Pinto, Luiz Fernando Spinelli, orient. II. Miguel, Pablo, coorient. III. Título.

CDD : 631.47

Resumo

PAGANI JUNIOR, Adão. **Modelagem da profundidade de Neossolos derivados de rochas graníticas do sul do Rio Grande do Sul**. Orientador: Luiz Fernando Spinelli Pinto. 2022. 85f. Dissertação (Mestrando em Manejo e Conservação do Solo e da Água) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2022.

Os Neossolos são caracterizados por apresentar baixo desenvolvimento pedogenético, onde na maioria das vezes são identificados pela ausência de horizonte subsuperficial B. No geral, são solos rasos e que podem apresentar grande susceptibilidade a degradação, se utilizado de maneira inadequada, e visando sua conservação, é de grande importância o tipo e a profundidade do contato lítico destes solos. Todavia, para a obtenção destes dados, se faz necessário a adoção de técnicas que possibilitem uma representação fiel e viável. Uma alternativa é a utilização de modelagem de dados ambientais e de solo, amplamente conhecida como Mapeamento Digital de Solos (MDS). O presente trabalho tem como objetivo a geração de dados de morfologia e distribuição de Neossolos derivados de rochas graníticas no Sul do Brasil, utilizando a técnica do MDS, onde foram descritos perfis modais da área, e determinados a variabilidade espacial das classes, e a variação da profundidade do contato lítico. O estudo foi conduzido em uma área de 54,2 ha no município de Pelotas, e contou com a descrição de onze perfis de solos e trinta e nove pontos amostrais utilizando-os para a modelagem “Random Forest” amostrados com o auxílio do método cLHS, juntamente com quarenta e quatro covariáveis ambientais extraídas a partir do Modelo Digital de Elevação (MDE) em uma primeira modelagem, e uma segunda modelagem com apenas as 10 mais importantes covariáveis. O modelo obteve um R^2 de 0,93 e um RMSE de 0,08 m, já o mapa predito teve um R^2 de 0,72 e um RMSE de 0,17 m. As covariáveis que melhor descrevem a variação dos Neossolos derivados de granitoides foram as relacionadas com a drenagem, como a altura normalizada, altura padronizada e índice de convergência, e a profundidade do vale e elevação.

Palavras-chave: mapeamento digital de solos; random forest; pedometria; predição espacial; cLHS.

Abstract

PAGANI JUNIOR, Adão. **Soil depth modeling derived from granite rocks in southern Rio Grande do Sul**. Advisor: Luiz Fernando Spinelli Pinto. 2022. 85f. Dissertation (Master's In Soil and Water Management and Conservation) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2022.

Regosols and Leptosols are characterized by low pedogenetic development, where most often they are identified by the absence of subsurface horizon B. In general, they are shallow soils and that can present great susceptibility to degradation, if used inadequately, and aiming at their conservation, it is of great importance the type and depth of contact of these soils. However, to obtain these data, it is necessary to use techniques that allow a faithful and viable representation. The alternative is the use of environmental and soil data modeling, widely known as Digital Soil Mapping (DSM). The present work aims to generate morphology and distribution data of Regosols and Leptosols derived from granite rocks in southern Brazil, using the DSM technique, where modal profiles of the area were described, and the spatial variability of the classes and the variation of the depth of lithic contact were determined. The study was conducted in an area of 54.2 ha in the municipality of Pelotas, had the description of eleven soil profiles and thirty-nine sampling points using them for the "Random Forest" modeling, together with forty-four environmental covariates extracted from the Digital Elevation Model (DEM) in a first modeling, and a second modeling with only the 10 most important covariates. The model obtained an R^2 of 0.93 and an RMSE of 0.08 m, while the predicted map had an R^2 of 0.72 and an RMSE of 0.17 m. Covariates that best describe the variation of Regosols and Leptosols derived from granites were related to drainage, such as normalized height, standardized height and convergence index, and the depth of the valley and elevation. standardized height and convergence index, and the depth of the valley and elevation.

Keywords: digital soil mapping; random forest; pedometrics; spatial prediction; cLHS.

Lista de Figuras

Figura 1: Mapa de localização da área de estudo.	18
Figura 2: Mapa de declividade da área do estudo.	19
Figura 3: Mapa de elevação da área de estudo.	20
Figura 4: Mapa de uso da terra da área de estudo.	21
Figura 5: Mapa de solos da área de estudo.	22
Figura 6: Fluxograma das etapas da pesquisa.	30
Figura 7: Fluxograma de obtenção da modelagem 1 e modelagem 2, e suas validações.	32
Figura 8: Mapa de espacialização dos pontos da área de estudo.	34
Figura 9: Importância das covariáveis na predição do modelo. A) Modelagem 1 com 44 covariáveis; B) Modelagem 2 com as 10 covariáveis de maior importância.	35
Figura 10: Mapa de profundidade predito pelo modelo.	36
Figura 11: Histograma da frequência de ocorrência de cada profundidade de solo predita.	37
Figura 12: Mapa de incerteza predito.	38
Figura 13: Relação da incerteza com a malha amostral.	43
Figura 14: Ordem de estabilidade dos minerais frente aos processos intempéricos (Série de Goldich) em comparação a série de cristalização de Bowen. Fonte: Adaptado de Teixeira et al. (2008).	44

Lista de Tabelas

Tabela 1: Relevo e classificação taxonômica dos perfis (SiBCS e WRB) dos perfis avaliados.	23
Tabela 2: Covariáveis ambientais utilizadas e suas descrições.	26
Tabela 3: Pontos de profundidade coletados.	32
Tabela 4: Acurácia obtida nos dois modelos preditos.	35
Tabela 5: Estimativa da incerteza das modelagens para o mapa predito.	38

Sumário

1. Introdução	1
2. Revisão de literatura	3
2.1 Solos pouco desenvolvidos e importância do conhecimento de sua profundidade efetiva	3
2.3 Mapeamento de Solos – abordagem convencional	6
2.4 Mapeamento digital de solos.....	8
2.5 Método de amostragem do Hipercubo Latino Condicionado (cLHS)	12
3. Hipóteses.....	14
4. Objetivos.....	14
4.1. Geral.....	14
4.2. Específicos	14
5. Capítulo 1 - Modelagem da profundidade de Neossolos derivados de rochas graníticas do sul do Rio Grande do Sul	15
5.1. Introdução	15
5.2. Material e Métodos.....	17
5.2.1 Descrição da área de estudo.....	17
5.2.2. Levantamento de Solos e amostragem do contato lítico/saprolítico	21
5.2.3. Análises químicas e físicas	24
5.2.4. Modelagem dos dados	26
5.3 Resultados.....	32
5.3.1 Espacialização dos pontos amostrais	32
5.3.2 Treinamento do modelo.....	34
5.3.3. Mapa de variabilidade da profundidade do contato lítico/saprolítico	36
5.3.4. Estimativa da incerteza e validação do mapa predito	37
5.4 Discussão	39
5.4.1 Espacialização dos pontos amostrais	39
5.4.2 Capacidade preditiva dos modelos	39
5.4.3 Validação do modelo	41
5.4.4 Estimativa da incerteza e validação do mapa predito.....	42
5.4.5 Mapa de variabilidade do contato lítico/saprolítico.....	43
5.5 Conclusão.....	45
Referências	46
Apêndices	55

1. Introdução

O solo é um recurso natural fundamental para o desenvolvimento da agricultura e o conhecimento de seus atributos é imprescindível para o alavancamento dos setores dele dependentes. Para tal, é necessário a organização dessas informações, em banco de dados por exemplo, reforçando ainda mais a importância do acesso a levantamentos de classes de solos e atributos em escala de detalhe.

O uso inadequado dos solos no mundo todo, principalmente aquele relacionado a exploração agrícola, tem acarretado impactos negativos do ponto de vista de conservação como por exemplo, solos compactados e erosão hídrica. Uma maneira de interferir nestes usos inadequados, é a adoção de metodologias que possam impulsionar na obtenção de dados relacionados aos atributos do solo, visando a utilização dos solos dentro da sua capacidade de uso, resultando em melhores produtividades dessas áreas, juntamente com um menor impacto ambiental. Os solos rasos, por conseguinte, são aqueles que apresentam maiores restrições, sendo recomendados somente para cultivo de pastagens ou reflorestamento.

Aproximadamente 22% do estado do Rio Grande do Sul é ocupado por Neossolos rasos, e considerando a morfologia destes solos, apresentam grandes limitações e por isso, um baixo potencial relativo de uso. A profundidade do contato lítico/saprolítico é um dos principais limitantes em Neossolos Regolíticos e Neossolos Litólicos, pois suas características influenciam diretamente sobre os processos físico-hídricos do solo e desenvolvimento radicular das plantas. Geralmente a profundidade do contato lítico/saprolítico está associada a outros fatores limitantes, como por exemplo a declividade, o que representa dificuldade na discriminação destes solos durante a execução de levantamentos e produção de mapas, visto que na avaliação solo-paisagem, os Neossolos rasos se encontram nas porções onduladas e/ou forte onduladas, o que gera um problema ainda maior no ponto de vista de manejo e conservação destes solos.

Uma maneira de reduzir a degradação destes solos é a delimitação correta e detalhada destas áreas através da confecção de mapas pedológicos. O objetivo dos mapas pedológicos é homogeneizar áreas até então

heterogêneas em áreas menores, fazendo com que elas apresentem a menor variabilidade possível com relação a sua classificação pedológica. Boa parte dos mapeamentos realizados até então, principalmente no Brasil, demandavam um trabalho oneroso e demorado, ainda mais quando se tratava de levantamentos com maior nível de detalhamento, e que conseqüentemente apresentam menores áreas mínimas mapeáveis, requerindo assim esforço amostral para assim poder descrever o comportamento espacial das classes e atributos do solo.

Visando reduzir estes empecilhos do mapeamento convencional de solos, o Mapeamento Digital de Solos (MDS) apresenta grande potencialidade para a predição de classes e atributos do solo, podendo gerar mapas de solos de forma mais rápida e econômica, se comparada a levantamentos convencionais. A partir do MDS também é possível produzir mapas com melhores precisões a partir da modelagem de propriedades de difícil mensuração devido sua natureza quantitativa, reduzindo possíveis erros e generalizações causadas pela natureza qualitativa do mapeamento convencional de solos.

Visto isso, o presente estudo busca investigar a possibilidade de se utilizar técnicas de modelagem amplamente difundidas no MDS para a geração de dados morfológicos de Neossolos derivados de rochas graníticas no Sul do Brasil, por meio da espacialização da variabilidade de suas profundidades até sua camada de limitação.

2. Revisão de literatura

2.1 Solos pouco desenvolvidos e importância do conhecimento de sua profundidade efetiva

Os processos pedogenéticos e fatores de formação dos solos estão relacionados a características e atributos presentes nas diferentes classes de solos. Segundo conceito proposto por Dokuchaev (1883), o solo é uma variável dependente dos seus próprios fatores de formação, como por exemplo, o material de origem, o clima, a caracterização e cobertura da vegetação e a topografia do terreno. Indo um pouco adiante, conforme estipulou Hans Jenny o tipo de solo resulta da interação dos fatores clima, organismos, o relevo, o material parenteral e o tempo (JENNY, 1941).

A classe dos Neossolos, por exemplo, reflete influência significativa de fatores de formação como relevo e material de origem. São considerados solos pouco desenvolvidos muito em razão da resistência do material de origem ao intemperismo, geomorfologia e clima, no qual exercem limitações a evolução pedogenética, ou ainda o tempo de ação reduzido dos agentes de intemperismo e/ou pedológicos (SANTOS et al., 2012). Para a classificação taxonômica dos Neossolos, não é considerado o horizonte B como as demais classes, visto que geralmente apresentam a sequência de A - C - R ou A - R, podendo apresentar horizonte B, mas sem requisitos para caracterizar um horizonte subsuperficial diagnóstico (SANTOS et al., 2018).

De acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos - SiBCS (SANTOS et al., 2018), os Neossolos podem ser classificados em segundo nível categórico em Litólicos, Regolíticos, Flúvicos e Quartzarênicos, variando conforme a profundidade do do contato lítico, caráter do horizonte superficial, e/ou granulometria. Anteriormente, os Neossolos Litólicos e Regolíticos eram denominados de Litossolos e Regossolos, respectivamente, estando agrupados juntamente com os outros solos fracamente desenvolvidos, no qual não possuíam horizonte diagnóstico subsuperficial, sendo eles as areias quartzosas e solos aluviais, denominados atualmente como Neossolos Quartzarênicos e Flúvicos (CAMARGO; KLAMT; KAUFFMAN, 1987).

Os Neossolos Litólicos podem apresentar horizonte A ou O hístico disposto diretamente sobre a rocha ou horizonte C ou CR, ou ainda sobre um material com 90% ou mais constituída por fragmentos de rocha, e com contato lítico ou lítico fragmentário dentro de 50 cm da superfície do solo. Pode ocorrer a presença de um horizonte B, desde que o mesmo não satisfaça qualquer tipo de horizonte B diagnóstico (SANTOS et al, 2018). Os Neossolos Regolíticos são caracterizados por apresentar a horizonte A diretamente a um horizonte C ou Cr, admitindo um horizonte Bi com menos de 10 cm de espessura, e contato lítico a uma profundidade superior a 50 cm. Deve apresentar 4% ou mais de minerais primários alteráveis na fração areia grossa e fina, dentro de 150 cm da superfície do solo, em qualquer horizonte, ou ainda, 5% ou mais do volume do horizonte C ou Cr com fragmentos de/ rocha semi-intemperizados, saprolito ou fragmentos formados por restos da estrutura orientada da rocha que deu origem ao solo (SANTOS et al., 2018).

Na classificação pedológica, os horizontes saprolíticos recebem a simbologia “Cr” e representam uma seção do perfil de solo onde a estrutura da rocha está mantida, entretanto, em diferentes estágios de alteração (PEDRON et al. 2015). Ou seja, o saprolito pode ser descrito como a rocha em estágio avançado de intemperismo, mas que conserva as características originais da rocha, com alteração significativa dos minerais resistentes ao intemperismo para argilominerais. É friável, ou seja, facilmente quebrado com a mão e apresenta consistência plástica quando molhado (WALD; GRAHAM; SCHOENEGER, 2013).

As características morfológicas dessa classe de solos se restringem a características de seu horizonte superficial, onde a cor, textura, estrutura e consistência são dependentes do material de origem, sendo bastante heterogêneos no que se refere a atributos químicos, físicos e mineralógicos (BOGNOLA et al., 2002). Entretanto, geralmente são solos que se destacam por apresentarem baixos teores de fósforo e matéria orgânica, elevada permeabilidade e baixa capacidade de retenção de água (ALMEIDA et al., 2015; SANTOS et al., 2012).

De acordo com Barbosa (2022), os maiores teores de argila e de água disponível como principais características morfológicas nos horizontes saprolíticos dos Neossolos localizados na província geomorfológica do Escudo

Sul-Riograndense, indicando assim, uma grande diversidade morfológica nessa classe de solo. O conteúdo de argila resultante do intemperismo do saprolito foi estudado por Santos et al. (2018), onde verificaram que a maior quantidade de argila está depositada nos canais e fissuras do saprolito, sendo que os canais têm maior ocorrência nas camadas mais desgastadas do saprolito, além disso, também foi verificado que a capacidade de troca de cátions (CTC), foi semelhante à dos horizontes subjacentes, sendo ambientalmente relevante para adsorção de nutrientes para as plantas.

A profundidade efetiva é uma das principais características utilizadas para classificar, e diferenciar Neossolos Litólicos e Regolíticos, sendo o seu conhecimento fundamental para a organização taxômica dessas classes (PEDRON et al, 2009). Podendo ser conceituada como a distância vertical da superfície do solo até a camada de rocha intemperizada, denominado saprolito, ou até o contato com a rocha mãe (DIETRICH et al., 1995; HEIMSATH et al., 1997; HAN et al., 2016).

Tendo em vista questões referentes a qualidade do solo, a profundidade do solo pode ser considerada uma das mais importantes propriedades (BUNNING; MCDONAUGH; WOODFINE, 2011). A profundidade está diretamente correlacionada com a produtividade do solo, atuando como um importante parâmetro de entrada para estudos de modelagem hidrológica e ecológica (DEVIA et al., 2015; LU et al., 2019), onde o conhecimento de sua variabilidade espacial pode ser de grande importância para atividades relacionadas ao planejamento de irrigação (MYBURGH; VAN ZYL; CONRADIE, 1996), determinação da capacidade do solo para armazenar e reter umidade (BOER; DEL BARRIO; PUIGDEFÁBRES, 1996), bem como a obtenção de dados estimados de carbono e outros estoques elementares (WIESE et al., 2016).

A profundidade pode ser considerada um dos principais fatores limitantes para o desenvolvimento radicular, impedindo assim o máximo desempenho do cultivo ali instalado, como evidenciado por Gomes et al. (2016), que a partir do mapeamento de solos semi-detalhado das áreas de produção de pinus, associado a uma base de dados com os graus de limitação das terras, identificaram que as maiores limitações ao desenvolvimento da cultura eram as relacionadas aos atributos de profundidade efetiva, relevo e

pedregosidade/rochosidade, sendo ambos os atributos característicos das classes de solos com menor desenvolvimento pedogenético.

A ocorrência de horizontes saprolíticos em solos com contato lítico próximo a superfície do solo, acaba criando uma condição para o desenvolvimento radicular dentro das camadas saprolíticas, podendo apresentar diferentes graus de limitação ao crescimento das raízes ocasionadas pelo volume de material grosseiro, sendo comum a ocorrência de raízes em profundidades superiores a 70 cm em perfis de Neossolos Litólicos e Neossolos Regolíticos (PEDRON et al., 2009).

2.3 Mapeamento de Solos – abordagem convencional

O solo assume um papel importante no desenvolvimento da humanidade, desempenhando papel fundamental para a agricultura, e o conhecimento de sua distribuição somente pode ser observado através de mapas pedológicos (DEMATTE et al., 2004). Segundo Coelho; Giasson (2010), os mapas pedológicos apresentam grande importância no que diz respeito ao planejamento e manejo do uso do solo, fazendo com que alavancasse o desenvolvimento de uma gama de áreas da ciência do solo, contribuindo principalmente para o planejamento do uso das terras (DALMOLIN et al., 2004).

O mapeamento de solos somente foi possível através de estudos realizados pelo cientista Russo, Vasili Vasilevich Dockuchaev, onde conceitos sobre a relação solo-paisagem, aplicando princípios básicos de morfologia do solo para caracterizar os principais grupos de solos foram modelados (HUDSON, 1992). Alguns anos após, em 1941 os conceitos sobre a gênese e a relação solo-paisagem foram consolidados pelo cientista do solo Hans Jenny, onde ele determinou o modelo *clorpt*, que é composto pelo solo (S) em função (*f*) do clima (cl), organismos (o), relevo (r), material de origem (p), e tempo (t) (Equação 1).

$$S = f(\text{cl, o, r, p, t}) \quad (1)$$

De acordo com a equação de Jenny (1941), o solo pode ser considerado uma função dos processos pedogenéticos em combinação com a distribuição espacial destes fatores na paisagem. Portanto, os levantamentos de solos são baseados nos conceitos dos fatores de formação do solo associados às relações solo-paisagem (HUDSON, 1992), compreendendo características morfológicas, físicas, químicas e mineralógicas, apresentando também uma classificação taxonômica e interpretativa (DALMOLIN et al., 2015).

O desenvolvimento do modelo "Clorpt" foi essencial porque deu origem a vários estudos de desenvolvimento do solo na paisagem, criando uma relação solo-paisagem amplamente difundida na pedologia. Foram os fundamentos originais do modelo "clorpt" que abriram caminho para uma visão do solo em função de diferentes condições ambientais e, assim, permitiram o mapeamento de diferentes regiões com base na compreensão da distribuição do solo na paisagem. Dessa forma, o levantamento tradicional de solos foi baseado no modelo discreto e apresenta as propriedades dos solos de uma determinada área com a classificação do sistema taxonômico, estabelecendo assim, limites entre as classes de solos (MENDONÇA-SANTOS; SANTOS, 2006).

O mapeamento de solos convencional, se concentra inicialmente na elaboração de um mapa de solos preliminar, obtido a partir da delimitação das unidades de solos por fotointerpretação e sobreposição de dados ambientais, associados ao conhecimento e experiência do pedólogo (SANTOS et al., 1995). Após, são realizadas atividades de campo, visando definir as classes de solo encontradas a partir de descrições e coletas de campo, onde estas informações serão agregadas ao mapa de solos inicial sendo assim estabelecidas as relações de solo-paisagem pelo pedólogo, podendo desta maneira delimitar as unidades de mapeamento e realizar a distribuição espacial das mesmas (RESENDE et al., 2007), subdividindo áreas heterogêneas em parcelas homogêneas, fazendo com que estas parcelas apresentem uma mínima.

Nos levantamentos de solos podem ser realizados três tipos de amostragens, podendo citar a de perfil completo, amostrando todos os horizontes desde a superfície até sua seção de controle; a amostra extra, onde somente alguns horizontes são amostrados, sendo mais comumente coletado o horizonte superficial, e um horizonte ou camada interna; e, por último, a amostra composta, resultante da mistura de vários pontos para determinação da

fertilidade (IBGE, 2007). A amostragem deverá ser suficiente para descrever as unidades de mapeamento, e ainda descrever as possíveis variações dentro daquela área, onde quanto maior o grau de detalhamento exigido, maior será a escala de trabalho exigida, resultando assim em um maior número de pontos amostrados em determinada área.

Os levantamentos pedológicos convencionais foram amplamente utilizados, todavia, apresentam obstáculos em suas metodologias. Geralmente estes mapas são apresentados com limites abruptos entre as classes de solos não representa a real distribuição na paisagem, que tende a ser mais gradual e suave. Associado a esta condição, tem-se a característica intuitiva e determinística que observa a relação solo-paisagem na topossequência, esta relação é dependente da experiência e conhecimento local do profissional que conduz o levantamento e este processo inviabiliza qualquer forma de mensuração das incertezas do documento elaborado (LIMA et al., 2013; MENDONÇA-SANTOS; SANTOS, 2006).

A impossibilidade de quantificar as incertezas presentes nos mapeamentos convencionais de solo, fez com que surgissem críticas ao (ARROUAYS et al., 2020; LIMA et al., 2013; MCBRATNEY; WEBSTER; BURGESS, 1981; SANCHEZ et al., 2009). Essa necessidade de avaliar os produtos elaborados e haver uma métrica para aferir sua confiabilidade abriu novos campos de pesquisa para serem explorados. Assim, com os avanços em geotecnologias e integração de dados, foram sugeridos modelos quantitativos para a pedologia, formando assim, a pedometria (LARK, 2011; MCBRATNEY; LARK, 2018; ROSSITER, 2018).

2.4 Mapeamento digital de solos

O mapeamento Digital de Solos (MDS) é uma subárea da Pedometria, e tem sua derivação do grego “pedos (solo) e “metron” (medida), e apresenta como seu objetivo principal solucionar os problemas referentes a incertezas do método convencional de mapeamento de solos, uma vez que este depende exclusivamente do pedólogo, se mostrando um método unicamente qualitativo, sendo mais complexo a validação dos mapas. Entendendo essa dificuldade, a

pedometria visa principalmente descrever quantitativamente a variação do solo, utilizando como base as geotecnologias (McBRATNEY et al., 2019).

Nos últimos anos, a obtenção de pontos de amostragem georreferenciados à campo se tornou mais fácil e prático, isso devido a popularização do Sistema de Posicionamento Global (GPS). Também ficou mais acessível as informações relacionadas as covariáveis ambientais, servindo deste modo para o apoio e a criação das relações matemáticas necessárias para o processamento de informações referentes a realização de mapeamentos (CANCIAN, 2019). Devido este fato, McBratney; Mendonça-Santos; Minasny (2003), remodelaram a equação “Fatores de Formação do Solo” já proposta por Jenny (1941), onde não considerava a distribuição espacial, sendo assim, a modelagem denominada “S.C.O.R.P.A.N.” poderia ser utilizada em lugares onde somente as covariáveis ambientais são conhecidas, podendo o solo ser predito a partir dele próprio. A partir desta equação e com as estratégias utilizadas no MDS se torna possível por exemplo, a extrapolação das relações solo-paisagem de uma área mapeada, definida como área de referência, para regiões onde estas relações não são bem conhecidas (TEN CATEN et al., 2011).

Desta forma, McBratney et al. (2003), consideram a equação sendo composta por Sc (classe de Solo), s (próprio solo), c (clima), o (organismos), r (relevo), p (material de origem), a (tempo), n (coordenadas geográficas) (Equação 2).

$$Sc = f(s, c, o, r, p, a, n) \quad (2)$$

A partir do modelo SCORPAN e da integração entre as geotecnologias, estatística e pedologia, foram ampliados os estudos utilizando o MDS, surgindo assim, uma ótima alternativa para produção de mapas mais detalhados e de menor custo. A técnica do MDS só é possível com a utilização de pontos de treinamento, estes contendo informações levantadas a campo visando a geração de modelos preditivos de classes ou até propriedades/atributos do solo (OMUTO; NACHTERGAELE; ROJAS, 2013), ou com o auxílio de dados legados, que são nada mais do que informações de solo já disponíveis, obtidas por levantamentos convencionais (CANCIAN, 2019), que em combinação com o conhecimento de covariáveis ambientais (LAGACHERIE; MCBRATNEY;

VOLTZ, 2006), podem fornecer informações relevantes sobre os locais onde se deseja realizar o mapeamento e assim predizer as prováveis classes de solos (SULAEMAN et al., 2013). Tanto é que, segundo McBratney et al. (2003), o sucesso para se descrever o solo irá depender do número de covariáveis ambientais utilizadas na predição, do número amostral e da disponibilidade de funções para o ajuste das relações entre o solo e o meio ambiente.

Os mapas convencionais de solos dificilmente são reprodutíveis, ou seja, o conhecimento do pedólogo é particular e seu modelo mental é único, podendo se assemelhar ao de outros técnicos, mas nunca idêntico. Segundo Stumpf et al. (2017), o MDS se assemelha ao mapeamento convencional, pois também considera as relações solo-paisagem, mas por ser um método inteiramente quantitativo, os produtos do MDS são reprodutíveis e dessa forma podem representar continuamente os dados.

O MDS tem papel fundamental no processo redução das incertezas nos mapeamentos, sendo estas não quantificadas no método tradicional de levantamento de solos, descrevendo os padrões de variação espacial dos solos, e assim, melhorando a precisão e qualidade de informação. De acordo com Stumpf et al. (2017), a incerteza, quando quantificada e espacializada, tem função de suma importância na amostragem de dados, otimizando assim a geração de informações. Segundo Cancian (2019), a incerteza, agrega valor aos produtos de levantamento de solo, uma vez que permite indicar a qualidade de previsão das variáveis de estudo.

Com as novas técnicas associadas ao MDS, o levantamento dos mesmos está cada vez mais sofisticado, interdisciplinar, e tem papel de grande importância no compartilhamento de informações entre especialistas da área de solos e do meio físico como os geólogos, entretanto, mapas digitais de solos mal desenvolvidos são contraproducentes (ARROUAYS et al., 2020). O também conhecimento sobre os atributos do solo e sua respectiva distribuição espacial proporciona de tal maneira uma compreensão do sistema como um todo, e dessa forma, conduzem a necessidades de práticas de manejo adequadas (LAGACHERIE e McBRATNEY, 2006).

Seguindo essa tendência, o Brasil está em um crescente desenvolvimento da pesquisa em MDS, onde estão sendo criadas diversas iniciativas, como a criação da “Comissão Especializada em Pedometria”, pertencente à divisão

“Solo no Espaço e Tempo” da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS). No entanto, pesquisas relacionadas ao MDS vêm ocorrendo no Brasil a um certo tempo. O primeiro estudo abordando o mapeamento de classes de solos foi realizado por Giasson et al. (2006), onde foi avaliado o comportamento das regressões logísticas múltiplas, e a capacidade de reproduzir um mapa de solo a partir de uma área de referência. O município de Sentinela do Sul (RS) com 253km² foi utilizado como área de estudo pois possui um mapeamento de solos tradicional com escala 1:50.000 com 8 unidades de mapeamento. Os dados da paisagem foram extraídos do modelo digital de elevação SRTM com resolução espacial de ~90m e derivadas 9 covariáveis: Declividade, perfil de curvatura, plano de curvatura, curvatura, direção de fluxo, fluxo acumulado, comprimento de fluxo, índice de potência do fluxo e índice de umidade topográfica. Os 7.500 pontos de treinamento foram aleatoriamente colocados sobre a área de estudo e correlacionados ao mapa base de solos (valor de referência) e covariáveis ambientais, dessa forma, os autores relacionaram a classe estimada e a classe de referência para obter o índice de acurácia geral. Estes resultados indicaram que 48% da área foi corretamente classificada, tendo melhor desempenho (61,5%) ao estimar a associação de Argissolo Amarelo, Cambissolo e Neossolo Litólico. Considerando a resolução espacial do modelo digital de elevação e a incipiência do MDS no Brasil, os resultados foram positivos e impulsionaram pesquisas nacionais em pedometria.

Após isso, vários outros autores se aprofundaram no assunto, como por exemplo, Silva et al. (2019), no qual avaliaram o desempenho de diferentes algoritmos utilizados no mapeamento digital de solos e os efeitos da amostragem adicional de pontos de treinamento em uma bacia hidrográfica com declive acentuado a partir da fotointerpretação. Na região Sul do Brasil, Moura-Bueno et al. (2019), buscaram determinar qual o melhor modelo preditivo para o mapeamento digital de solos em uma situação de paisagem complexa, com grande heterogeneidade de classes de solo. Ambos os autores destacam em seus estudos a utilização do modelo preditivo *Random Forest* (RF) como sendo o mais preciso na previsão espacial de classes de solos, bem como de atributos do solo,

Horst-Heinen et al. (2021), também utilizou em seu estudo o modelo preditivo RF, entretanto, aplicou o modelo para a determinação da profundidade

do solo. O estudo foi conduzido em uma área de 1,08 Km², em uma área cultivada com Pinus, na região serrana de Santa Catarina. Foram amostrados 102 pontos usados para o treinamento e validação do modelo RF, e nove covariáveis topográficas derivadas do modelo digital de elevação para prever a profundidade do solo, sendo elas, a elevação; Distância vertical até a rede de canais; Índice de rugosidade do terreno; Posição relativa da declividade; Declividade; Fator LS; Profundidade do vale; Nível base da rede de canais, e; Índice de umidade topográfica. Na modelagem conduzida, se obteve um R² de 0,91 e um RMSE de 0,17 metros, comprovando o bom desempenho do modelo para prever a profundidade naquela região.

O MDS também pode auxiliar na identificação de outras informações importantes referentes à gênese de solo, como por exemplo, a identificação e caracterização do material originário, conforme observado por Mello et al. (2021), no qual os autores associaram o uso do sensoriamento remoto com o MDS, para melhorar mapas de material de origem em baixas escalas. A utilização de sensores proximais está intimamente ligada com a capacidade de predição do MDS, Silva et al. (2021), utilizaram a espectrometria de fluorescência de raios-X portátil (pXRF) para obter dados de Fe, Ti e SiO₂ totais, e suscetibilidade magnética determinada por magnetômetro, resultando em dados mais precisos para a predição de classes de solos em diferentes resoluções espaciais.

2.5 Método de amostragem do Hipercubo Latino Condicionado (cLHS)

O método de amostragem do Hipercubo Latino Condicionado, traduzido do inglês “conditioned Latin Hypercube Sampling” (cLHS), tem como fundamentação a amostragem aleatória estratificada de forma eficiente através de suas variáveis e suas distribuições multivariadas (MINASNY; MCBRATNEY, 2006).

Seu funcionamento ocorre a partir de “K” variáveis com X₁, X₂, ..., X_k, sendo a faixa de variação de cada uma, X é dividido em n prováveis intervalos iguais (estratos), e para cada variável uma amostra aleatória é tomada para cada estrato. As amostras obtidas são confrontadas umas com as outras, podendo ser de forma aleatória ou definida por uma regra previamente especificada. A partir

desta técnica é possível se obter um número menor de amostras, e mesmo assim se ter uma distribuição mais representativa das características ambientais da área de estudo (CARVALHO JÚNIOR et al., 2014).

Considerando o MDS, as variáveis ambientais a serem inseridas no cLHS são pouco discutidas, e para que a amostragem seja considerada eficiente, é necessário utilizar todas as variáveis disponíveis associadas à função SCORPAN (LIEß, 2020). A amostragem deverá contemplar a variabilidade dos solos da área estudada e apresentar boa operacionalidade, bem como reduzir o custo e tempo de amostragem por meio da redução do número de amostras a serem coletadas a partir de um conhecimento prévio dos dados legados de solo da região (STUMPF et al., 2016).

3. Hipóteses

É possível realizar a modelagem de dados relativos à profundidade do contato lítico/saprolítico em Neossolos derivados de rochas graníticas localizados em paisagem complexa através da técnica de Mapeamento Digital de Solos na região Sul do Brasil. Com isso, espera-se que a modelagem possa ser utilizada para uma predição de ocorrência e distribuição de Neossolos Litólicos e Neossolos Regolíticos, visando assim o melhor planejamento da aptidão agrícola.

4. Objetivos

4.1. Geral

Prever a profundidade do contato lítico/saprolítico em uma área de topografia complexa com o predomínio de solos pouco desenvolvidos.

4.2. Específicos

- I. Determinar a distribuição espacial das classes de solos;
- II. Gerar um mapa de variabilidade da profundidade destes solos;
- III. Obter as covariáveis de maior importância para modelagem;
- IV. Validar os dados obtidos pela modelagem.

5. Capítulo 1 - Modelagem da profundidade de Neossolos derivados de rochas graníticas do sul do Rio Grande do Sul

5.1. Introdução

Neossolos são solos pouco desenvolvidos e conseqüentemente, pouco profundos, isso ocorre em razão da resistência do material de origem ao intemperismo, geomorfologia e clima, onde estes exercem limitações a evolução pedogenética, ou ainda o tempo de ação reduzido dos agentes intempéricos e/ou pedológicos (SANTOS et al., 2012). A profundidade efetiva é uma das principais características utilizadas para classificar e diferenciar Neossolos Litólicos e Regolíticos, sendo o seu conhecimento fundamental para a organização taxônomica dessas classes (PEDRON et al., 2009), além disso, a espessura do horizonte superficial (A), a presença de pedregosidade e rochosidade e o tipo de contato saprolítico ou lítico (fragmentários ou leptogmentários) tem influência sobre o potencial agrícola destes solos (PEDRON; DE AZEVEDO; DALMOLIN, 2012; PEDRON et al., 2010).

Tendo em vista questões referentes a qualidade do solo, a profundidade do solo pode ser considerada uma das mais importantes propriedades (BUNNING; MCDONAUGH; WOODFINE, 2011). Os Neossolos Litólicos e Regolíticos são considerados solos rasos, no entanto, a profundidade efetiva excede os limites dos horizontes saprolíticos. Em geral, saprolito apresenta fraturas devido aos processos de intemperismo proporcionando o desenvolvimento radicular em profundidade. É claro que, esse faturamento é distinto para cada tipo de material de origem.

A profundidade está diretamente correlacionada com a produtividade do solo, ou seja, quanto mais profundo o solo, maior o seu potencial produtivo, atuando como um importante parâmetro de entrada para estudos de modelagem hidrológica e ecológica (DEVIA et al., 2015; LU et al., 2019). A profundidade efetiva reduzida é considerada um dos principais fatores limitantes para o desenvolvimento radicular das culturas, impedindo assim o máximo desempenho do cultivo ali instalado (GOMES et al., 2016).

O conhecimento detalhado da profundidade do solo, principalmente em classes de solos pouco desenvolvidas como os Neossolos, é de grande importância para o planejamento agrícola. Alguns estudos têm buscado,

principalmente através de técnicas estatísticas, prever a espessura do solo, testando diferentes modelos de predição. Utilizando a regressão linear múltipla, Yang et al. (2014), utilizaram um conjunto amostral de 171 amostras para predição da profundidade do solo. Os autores usaram a proporção de 80% dos pontos para treinamento do modelo e 20% para validação, com 9 covariáveis originadas do MDE, em uma área de 10 Km² onde a validação do modelo de predição apresentou um $R^2 = 0,71$ e RMSE de 0,04 m. Ao comparar dois modelos para prever a profundidade do solo, Dharumarajan et al. (2020), encontraram para o RK (Regression kriging) um R^2 de 0,3 e RMSE de 34 cm e para o QRF (Quantile regression forest) um R^2 de 0,17 e RMSE de 37 cm. Horst-Heinen et al. (2021), utilizaram o modelo preditivo RF com oito covariáveis ambientais extraídas do MDE reamostrado de 10 metros. Os autores buscaram gerar informações espaciais para uso e planejamento na cadeia produtiva florestal em uma área de topografia complexa e obtiveram um R^2 de 0,91 e RMSE de 17 cm.

O conhecimento da espacialização da variabilidade da profundidade do solo é necessário para um melhor ordenamento territorial de uso da terra. No entanto, já é conhecido que essa propriedade possui uma alta variabilidade espacial (HORST-HEINEN et al., 2021; LACOSTE et al., 2016) e por isso existe uma grande dificuldade em obter informações desta natureza. Diante disso, a modelagem preditiva através de técnicas de Mapeamento Digital de Solos (MDS) tem sido uma importante alternativa (LACOSTE et al., 2016; LU et al., 2019; HORST-HEINEN et al., 2021).

O MDS também pode auxiliar na identificação de outras informações importantes referentes à gênese de solo, como por exemplo, a identificação e caracterização do material originário (Mello et al., 2021). Segundo Stumpf et al. (2017), o MDS se assemelha ao mapeamento convencional, pois também considera as relações solo-paisagem, mas por ser um método inteiramente quantitativo, os produtos do MDS são reprodutíveis e dessa forma podem representar continuamente os dados. A partir do MDS também é possível produzir informações mais precisas a partir da modelagem de propriedades de difícil mensuração devido sua natureza quantitativa, reduzindo possíveis erros e generalizações causadas pela natureza qualitativa do mapeamento convencional de solos.

Dentro do contexto de paisagens com topografia complexa e com o predomínio de solos pouco desenvolvidos, é possível realizar a modelagem de dados relativos à profundidade do contato lítico/saprolítico em Neossolos derivados de rochas graníticas através da técnica de Mapeamento Digital de Solos na região Sul do Brasil. Com isso, espera-se que a modelagem possa ser utilizada para uma predição de ocorrência e distribuição de Neossolos Litólicos e Neossolos Regolíticos, visando assim o melhor planejamento da aptidão agrícola. A partir dessa premissa para este trabalho foi estabelecido o objetivo de prever a profundidade do contato lítico/saprolítico em uma área de topografia complexa com o predomínio de solos pouco desenvolvidos.

5.2. Material e Métodos

5.2.1 Descrição da área de estudo

A área estudada está localizada no sétimo distrito do município de Pelotas (Quilombo), Rio Grande do Sul (Figura 1), abrangendo três propriedades rurais com área total de 54 hectares, sendo seu sistema de produção integralmente de base agrícola familiar. A área contempla uma grande complexidade geológica característica da província geomorfológica do Escudo Sul-Riograndense, e consequentemente também é bastante complexa do ponto de vista pedológico. O clima da região é descrito como cfa (clima temperado úmido com verão quente), conforme a classificação de Köppen, e apresenta precipitação média anual variando entre 1300 e 1.600mm (ALVARES et al., 2013).

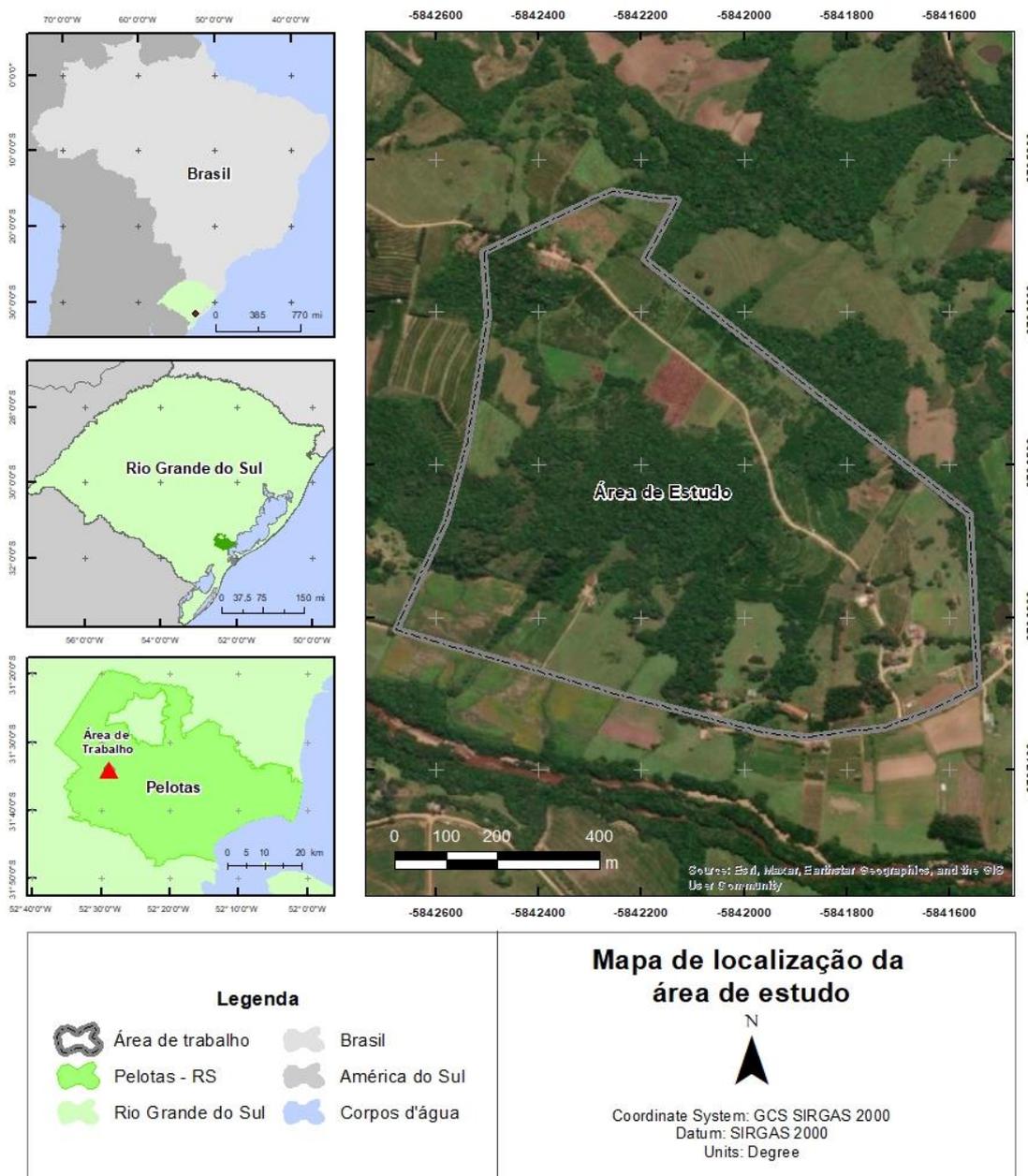


Figura 1: Mapa de localização da área de estudo.

O relevo regional da área varia entre plano à forte ondulado, predominando um relevo ondulado na maior parte da área, transacionando para um forte ondulado na área de mata nativa (Figura 2). No contexto geológico, a área se encontra sobre a Suíte Intrusiva Pinheiro Machado (SIPM), que apresenta granitóides de composição principalmente granodiorítica a monzogranítica, caracterizados por um bandamento irregular descontínuo de biotitas, apresentando também alguns termos tonalíticos e quarzo dioríticos. As

rochas se caracterizam por um bandamento e aspecto gnáissico (PHILIPP; CAMPOS, 2004). Segundo Cruz (2019), a idade de cristalização da Suíte Intrusiva Pinheiro Machado varia entre 633 e 4 milhões de anos, ocorrendo em pulsos distintos de magmas do complexo. Do ponto de vista da gênese de solos é importante ressaltar que a SIPM é cortada por corpos da Suíte Granítica Dom Feliciano (SGDF) que variam em termos de tamanho desde corpos quilométricos, que aparecem na escala dos mapas existentes (1:750.000; CPRM, 2006), até corpos com dezenas a centenas de metros, que não aparecem nesses mapas. Esses corpos, por terem composição sienogranítica a feldspato alcalino granítica, são mais resistentes ao intemperismo, tendendo a formar solos mais rasos (Neossolos Litólicos e afloramentos de rochas).

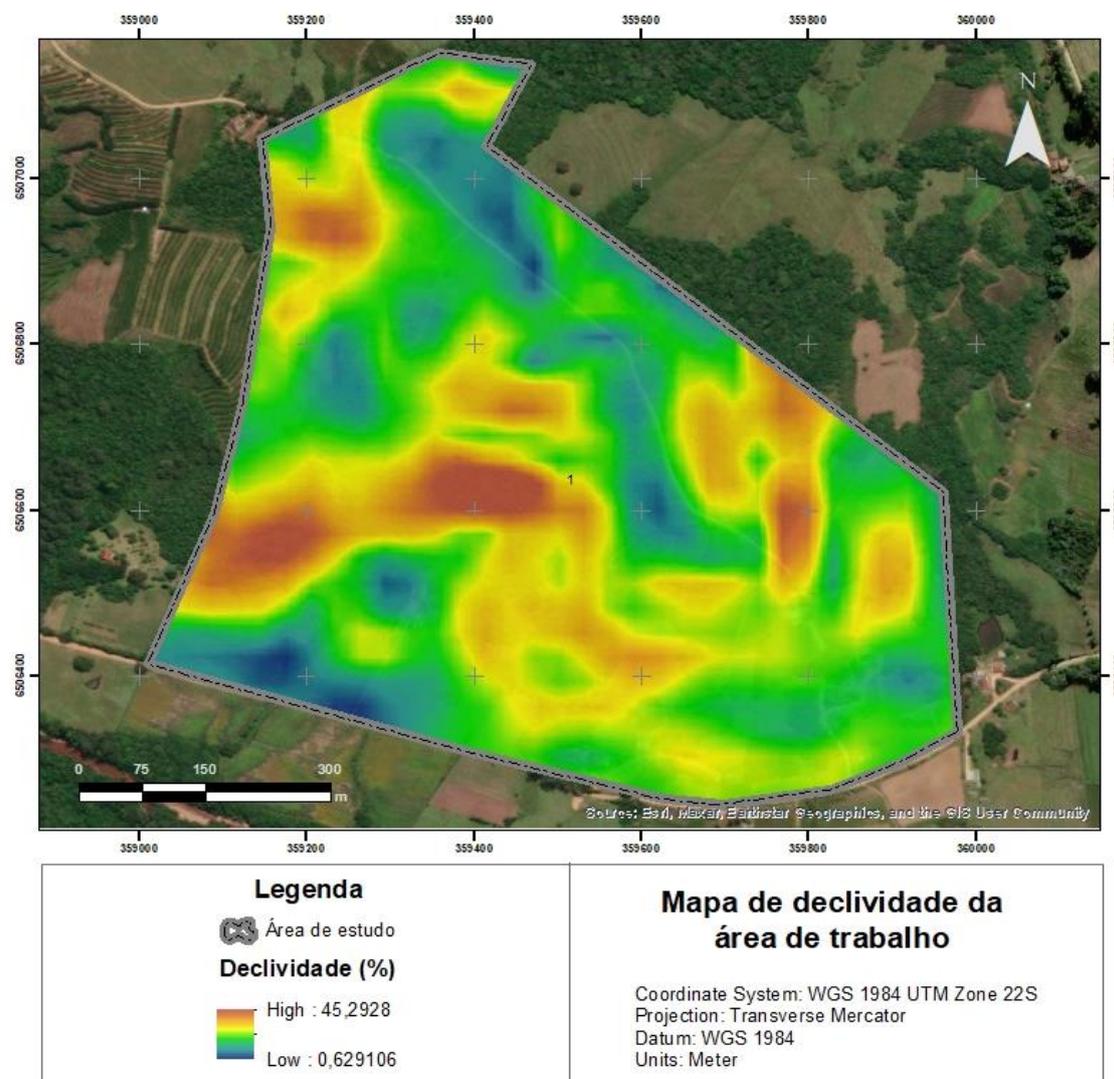


Figura 2: Mapa de declividade da área do estudo.

A altitude máxima de área do estudo é de 145 metros acima de nível do mar, e a menor cota é de 41 metros. As maiores altitudes estão concentradas nas porções mais ao norte da área, correspondentes aos solos mais rasos, e ao sul se encontram os solos mais profundos (Figura 3).

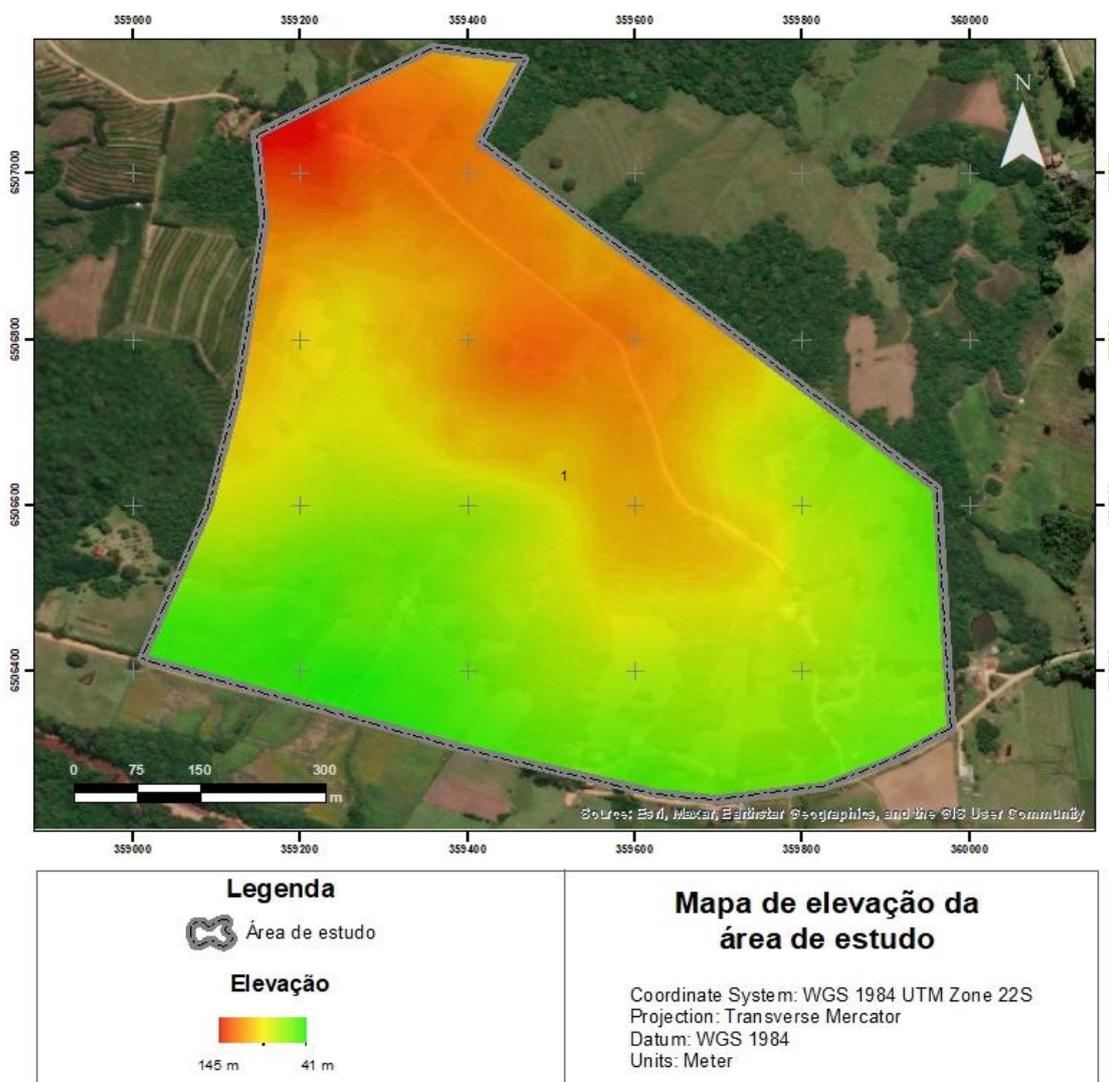


Figura 3: Mapa de elevação da área de estudo.

Se tratando do uso da terra, a maior parte da área está ocupada por mata nativa, representando 42% da área total, seguido pela fruticultura (cultivo de pêsego) que ocupa 31,6% do território, 20,4% correspondente a pastagem nativa destinada a produção de gado de leite, e 6% da área cultivada com cultivos anuais, intercalando o cultivo de soja e milho (Figura 4).

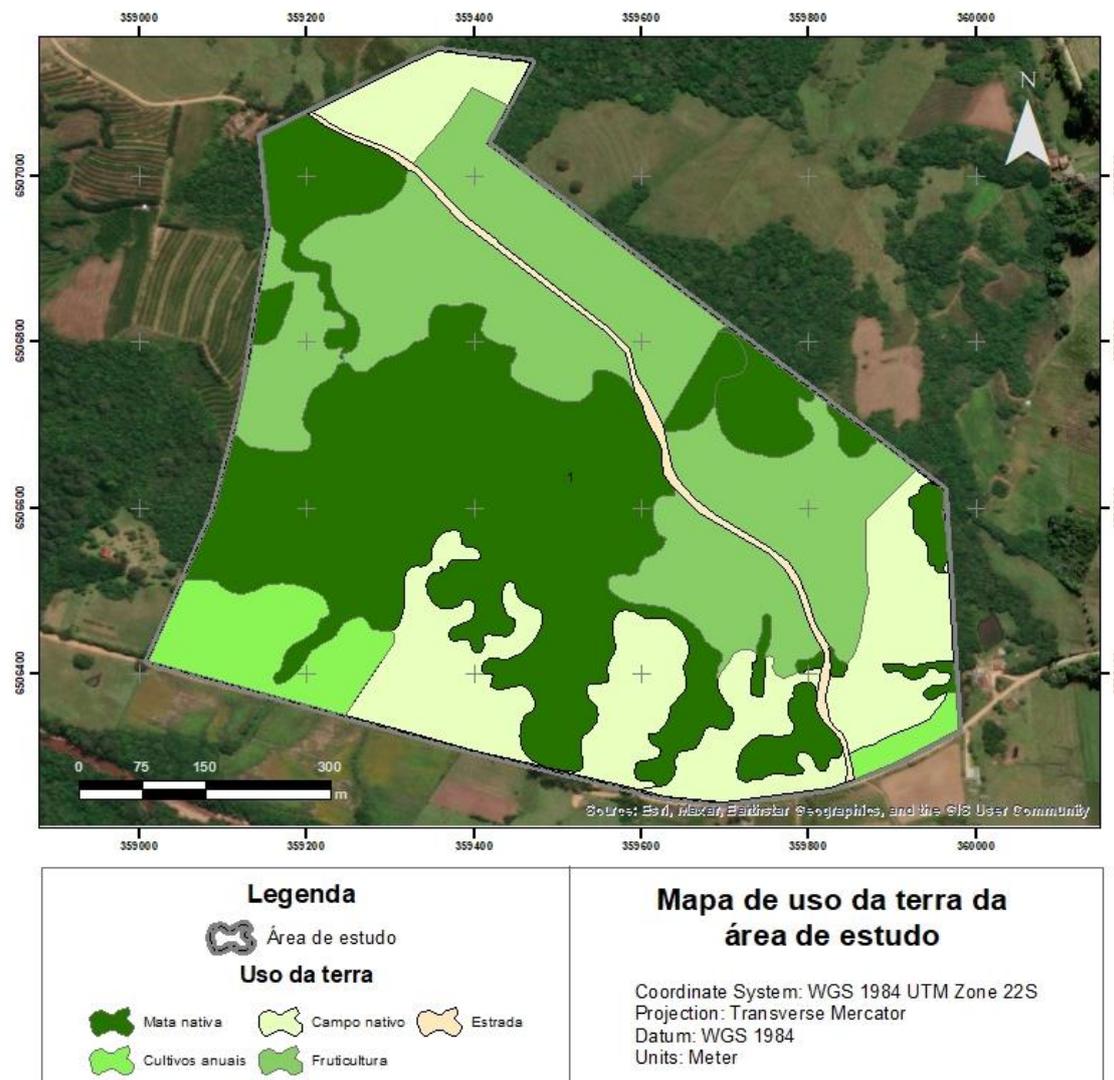


Figura 4: Mapa de uso da terra da área de estudo.

5.2.2. Levantamento de Solos e amostragem do contato lítico/saprolítico

Para caracterização dos solos da área de estudo foi realizado um levantamento de solos detalhado (escala 1:5.000) (Figura 5) seguindo os procedimentos normativos para levantamentos pedológicos (SANTOS et al., 1995). A descrição das unidades de mapeamento (UM) são apresentadas no Apêndice I.

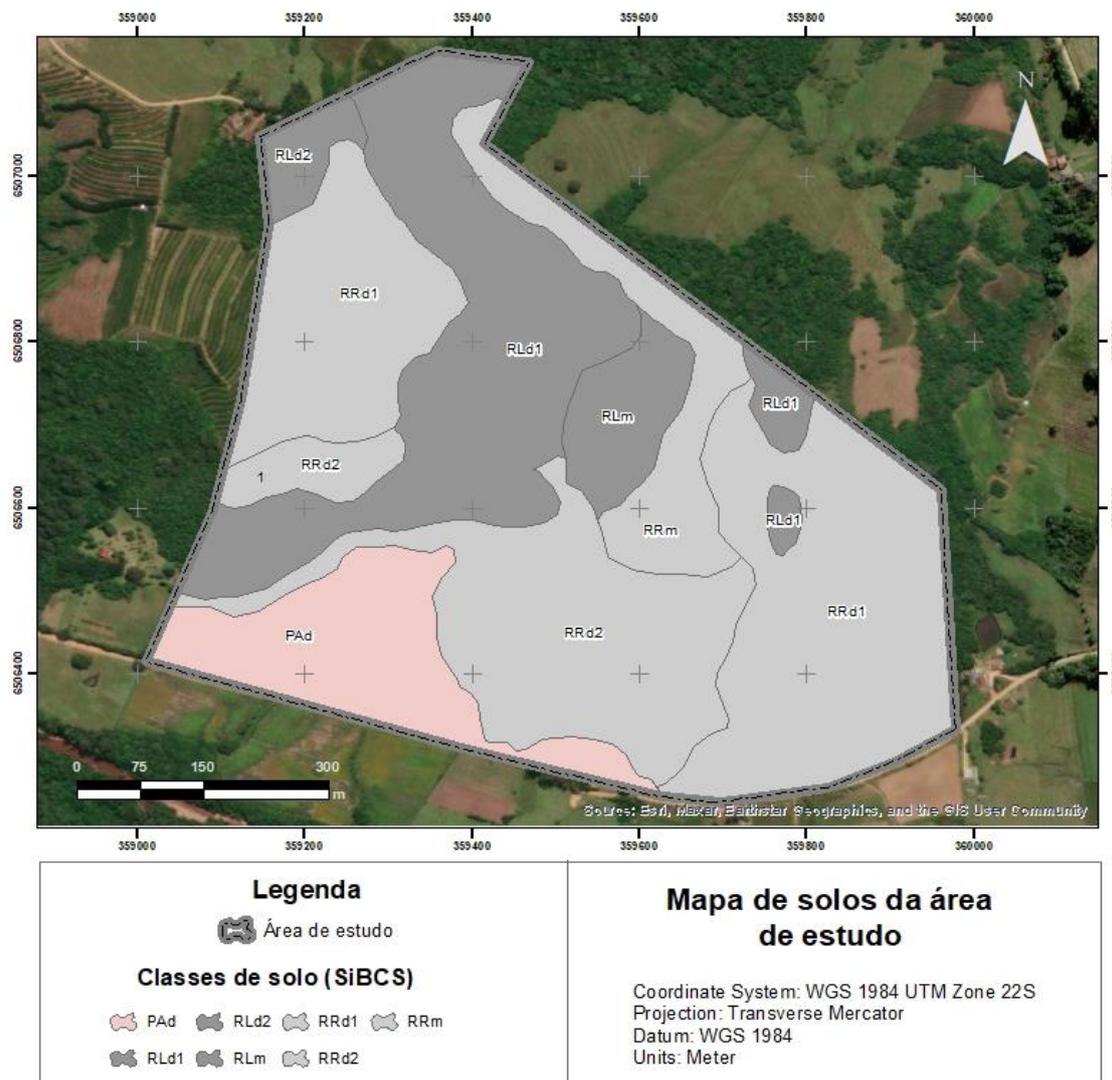


Figura 5: Mapa de solos da área de estudo. PAd (Argissolo Amarelo Distrófico típico); RLd1 (Neossolo Litólico Distrófico fragmentário); RLd2 (Neossolo Litólico Distrófico típico); RLM (Neossolo Litólico Chernossólico fragmentário); RRd1 (Neossolo Regolítico Distrófico leptofragmentário); RRd2 (Neossolo Regolítico Distrófico típico); RRm (Neossolo Regolítico Chernossólico leptofragmentário).

A prospecção da área foi realizada pelo método do caminhamento livre, com verificações de campo ao longo de toposequências, quadrículas e correlações solo/superfícies geomórficas e realizando observações e medições de campo sempre que havia indicação de mudança da classe de solo e/ou de seus atributos. Assim, as observações realizadas permitiram visualizar a sequência de distribuição dos solos na paisagem e estabelecer a legenda preliminar que, durante a fase de levantamento, sofreu os ajustes e correções

necessárias. Ao todo, foram realizadas 100 observações de solos na área estudo e foram caracterizados 12 perfis de solos completos (Tabela 1).

Tabela 1: Relevo e classificação taxonômica dos perfis (SiBCS e WRB) dos perfis avaliados.

Perfil⁽¹⁾	Relevo	Classificação SiBCS⁽²⁾	Classificação WRB⁽³⁾
P1	Ondulado	RLd	Dystric Leptosol
P2	Ondulado	RLm	Mollic Leptosol
P3	Forte ondulado	RRe	Leptic Regosol
P4	Ondulado	RRd	Leptic Regosol
P5	Ondulado	RRd	Leptic Regosol
P6	Ondulado	RLm	Mollic Leptosol
P7	Ondulado	RLd	Umbric Leptosol
P8	Ondulado	RRd	Leptic Regosol
P9	Forte ondulado	RRd	Leptic Regosol
P10	Ondulado	RLd	Dystric Leptosol
P11	Ondulado	RLd	Dystric Leptosol
P12	Suave ondulado	PAd	Haplic Acrisol

⁽¹⁾ P1 - NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico fragmentário; P2 - NEOSSOLO LITÓLICO Chernossólico fragmentário; P3 - NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico leptofragmentário; P4 - NEOSSOLO REGOLÍTICO Distrófico leptofragmentário; P5 - NEOSSOLO REGOLÍTICO Distrófico leptofragmentário; P6 - NEOSSOLO LITÓLICO Chernossólico fragmentário; P7 - NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico fragmentário; P8 - NEOSSOLO REGOLÍTICO Distrófico típico; P9 - NEOSSOLO REGOLÍTICO Distrófico leptofragmentário; P10 - NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico fragmentário; P11 - NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico típico; P11 – ARGISSOLO AMARELO Distrófico típico. ⁽²⁾ Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SANTOS et al., 2018). ⁽³⁾ World Reference Base for Soil Resources (IUSS WORKING GROUP WRB, 2015).

Os perfis modais completos foram descritos e coletados conforme Santos et al. (2015) e a caracterização química e física das amostras de acordo com Teixeira et al. (2017). Com base nos dados analíticos obtidos pelas análises químicas e físicas, juntamente com as descrições de campo, os perfis foram classificados de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – SiBCS (SANTOS et al., 2018) e World Reference base for Soil Resources (IUSS WORKING GROUP WRB, 2015). Além dos perfis modais, foram coletados perfis complementares (horizonte A, horizonte B e horizontes Cr), que também passaram por caracterização química e física. Em alguns pontos de observação não foram realizadas amostragens de solos, sendo assim, tão somente

observadas características morfológicas dos horizontes, drenagem do solo, relevo, geologia e vegetação, em que por meio destas informações, foi estimada a classe de solo até segundo nível categórico do SiBCS (SANTOS et al., 2018).

A amostragem da profundidade do contato lítico/saprolítico se deu a partir da coleta de 39 pontos na área, sendo estes definidos pelo método do hipercubo latino condicionado (MINASNY; MCBRATNEY, 2006), utilizando o software R (TEAM E DEVELOPMENT CORE, 2018), a partir do pacote cLHS (ROUDIER, 2014). A metodologia considerou o Modelo Digital de Elevação (MDE) *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) (FARR et al., 2007), como referência para a definição dos pontos a serem amostrados. A quantidade de pontos foi definida considerando principalmente a acessibilidade do terreno. Mesmo a amostragem sendo condicionada pelo cLHS, alguns locais foram de difícil acesso, nestes casos, os pontos foram remarcados com auxílio de um GPS o mais próximo possível do ponto gerado com o cLHS, buscando fazer com que a distribuição dos pontos melhor representasse a variabilidade da área.

A obtenção dos dados da profundidade ocorreu por meio da utilização de um trado do tipo holandês, no qual se verificará a profundidade até o contato lítico/saprolítico, em uma espessura máxima de 1,20 m, profundidade essa na qual as raízes se desenvolvem sem impedimentos físicos.

5.2.3. Análises químicas e físicas

Os métodos analíticos empregados para a classificação dos perfis de solo descritos e coletados, foram realizados de acordo com o Manual de Métodos de Análise de Solo (TEIXEIRA et al., 2017). As determinações analíticas feitas na terra fina seca ao ar (TFSA), a qual é proveniente do fracionamento subsequente à preparação da amostra. Os resultados referem-se à terra fina seca na estufa (TFSE) a 105°C. A fração > 2 mm (cascalhos e calhaus) e < 2 mm (terra fina) – secagem da amostra total, destorroamento com rolo de madeira, tamisação em peneira de furos circulares de 2 mm; percentagem por volume obtida por medição volumétrica (imersão) das frações > 2 mm; percentagem por peso por determinação gravimétrica.

Composição granulométrica da terra fina (fração < 2 mm) – dispersão com NaOH ou, ocasionalmente, hexametáfosfato de sódio, agitação de alta rotação, sedimentação, argila determinada por densimetria no sobrenadante, areia grossa e areia fina separadas por tamisação e silte calculado por diferença. Argila dispersa em água – procedimentos como os do método anterior, suprimindo-se o agente dispersante. Grau de floculação – cálculo baseado na percentagem de argila e percentagem dispersa em água, obtidas segundo determinações anteriores.

O pH em H₂O e em KCl 1 mol L⁻¹ – medição por eletrodo de vidro em suspensão solo-H₂O ou solo-KCl na proporção solo-líquido de 1:2,5 (v/v). As bases trocáveis, Ca²⁺ e Mg²⁺ extraídos com KCl 1 mol L⁻¹ e posteriormente foi realizada leitura da absorbância em espectrômetro de absorção atômica; K⁺ e Na⁺ extraídos com HCl 0,05 mol L⁻¹ + H₂SO₄ 0,025 mol L⁻¹ e determinados por fotometria de chama.

Soma por bases (valor S) – cálculo do somatório dos resultados das bases trocáveis. Acidez potencial – extraída com KCl 1 mol L⁻¹ e titulada por NaOH 0,025 mol L⁻¹ com azul de bromotimol como indicador, sendo expressa como Al³⁺ trocável; H + Al extraídos com Ca(OAc)₂ 1 mol L⁻¹ a pH 7,0 e acidez titulada por NaOH 0,0606 mol L⁻¹ com fenolftaleína como indicador; H⁺ calculado por diferença.

Capacidade de troca de cátions (CTC) – cálculo do somatório dos resultados de bases trocáveis e acidez potencial. Percentagem de saturação por base (valor V) – cálculo da proporção de bases trocáveis abrangidas na capacidade de troca de cátions. Percentagem da saturação por alumínio – cálculo da proporção de alumínio trocável, segundo determinações anteriores pela expressão: $[Al_{3+} / Al_{3+} + S] * 100$.

Percentagem de saturação por sódio – cálculo da proporção de sódio trocável abrangido na capacidade de troca de cátions. Fósforo assimilável – extraído com HCl 0,05 mol L⁻¹ + H₂SO₄ 0,025 mol L⁻¹ e determinado por colorimetria. Carbono orgânico – oxidação via úmida com K₂Cr₂O₇ 0,4 mol L⁻¹ e titulação pelo Fe (NH₄)₂(SO₄)₂.6H₂O 0,01 mol L⁻¹ com difenilamina como indicador. Nitrogênio total (método Kjeldahl) – digestão com mistura ácida, difusão e titulação do NH₃ com HCl ou H₂SO₄ 0,01 mol L⁻¹.

5.2.4. Modelagem dos dados

Com posse dos dados georreferenciados de profundidade do contato lítico/saprolítico dos solos, foi gerado um buffer de 10 metros em cada ponto, onde neste buffer foram criados mais 3 pontos aleatórios com a mesma informação de profundidade dos pontos que os originou. Isso se deve ao fato de que somente um ponto se torna insuficiente para descrever a variação daquele determinado local, e considerando que a variação da profundidade da área não extrapolava os 10 metros, convencionou-se assim esta distância para o buffer, para assim representar melhor a variação destes atributos do solo na área, proporcionando maior correlação entre a profundidade destes solos e as covariáveis. Essa mesma estratégia foi adotada por Horst-Heinen et al. (2021), que definiu em cada ponto amostral, um buffer com quantidade indefinida de pontos.

Para a modelagem dos dados relativos à profundidade do contato lítico/saprolítico, foram geradas as covariáveis utilizadas na predição de sua variabilidade, para isso, com o auxílio do Modelo Digital de Elevação (MDE) *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) com resolução de 30m (FARR et al., 2007), foram geradas 32 covariáveis ambientais (Tabela 2) a partir do software SAGA GIS (OLAYA, 2004).

Foram adicionadas na modelagem as bandas 2 (Blue), 3 (Green), 4 (Red), 5 (Near Infra-red), 6 (Short Wave Infra-red 1), 7 (Short Wave Infra-red 2) extraídas do satélite Landsat 8/OLI, e as covariáveis delas extraídas como o BSI (Bare Soil Index), CMR (Clay Minerals Ratio), NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), NDTI (Normalized Difference Tillage Index), NDMI (Normalized Difference Moisture Index) e NDWI (Normalized Difference Water Index), também utilizadas na predição do modelo, totalizando 44 covariáveis ambientais utilizadas na modelagem inicial (Tabela 2).

Tabela 2: Covariáveis ambientais utilizadas e suas descrições.

Covariáveis ambientais ⁽¹⁾	Abreviação ⁽²⁾	Descrição ⁽³⁾	Referências ⁽⁴⁾
Aspect	ASP	Orientação do declive	(OLAYA, 2009)

blue	BLUE	Banda azul do sensor do satélite	Planet Explorer, (2022); Sentinel-2 - Missions, (2022)
green	GREEN	Banda verde do sensor do satélite	Planet Explorer, (2022); Sentinel-2 - Missions, (2022)
red	RED	Banda vermelha do sensor do satélite	Planet Explorer, (2022); Sentinel-2 - Missions, (2022)
nir	NIR	Banda infravermelho próximo do sensor do satélite	Planet Explorer, (2022); Sentinel-2 - Missions, (2022)
Convergence index	CI	Índice de convergência / divergência em relação ao escoamento	Olaya e Conrad (2009)
Cross-sectional curvature	CSC	Mede a curvatura perpendicular à direção do declive	Olaya (2009)
Diurnal anisotropic heating	DAH	Medição contínua da energia dependente da exposição	Böhner e AntoniĆ (2009)
Easternness	E	Seno de aspecto	Olaya (2009)
Digital elevation model	ELEV	Modelo Digital de Elevação	Florinsky (2016)
Flow line curvature	FLC	Representa a projeção de uma linha de gradiente em um plano horizontal	Olaya (2009)
Flow Accumulation (Top-Down)	FLOW	Fluxo acumulado para cada célula.	Gruber e Peckham (2009)
General curvature	GC	A combinação das curvaturas do plano e do perfil	Olaya (2009)
Longitudinal curvature	LC	Mede a curvatura na direção do declive	Olaya (2009)
LS Factor	LS	Fator Topográfico	Desmet e Govers (1996)
Maximal curvature	MAXC	Curvatura máxima na seção normal local	Olaya (2009)
Mass balance index	MBI	Índice de equilíbrio entre erosão e deposição	Möller <i>et al.</i> (2008)
Minimal curvature	MINC	Curvatura mínima para seção normal local	Olaya (2009)
Multiresolution index of ridge top flatness	MRRTF	Indica posições planas em áreas de alta altitude	Gallant e Dowling (2003)
Multiresolution index of valley bottom flatness	MRVBF	Indica superfícies planas no fundo do vale	Wang <i>et al.</i> (2010)
Mid-slope position	MSP	Representa a distância do topo ao vale, variando de 0 a 1	Böhner e Selige (2006)
Northernness	N	Cosseno de aspecto	Olaya (2009)
Normalized Difference Vegetation Index	NDVI	$\frac{NIR - RED}{NIR + RED}$	Carlson e Ripley (1997)

Normalized Difference Water Index	NDWI	$\frac{GREEN - NIR}{GREEN + NIR}$	Gao (1996)
Normalized height	NH	Distância vertical entre a base e o cume da declividade normalizada	Böhner e Selige (2006)
Normalized Pigment Chlorophyll Ratio Index	NPCRI	$\frac{RED - BLUE}{RED + BLUE}$	Sosa <i>et al.</i> (2021)
Plan curvature	PLANC	Curvatura da linha de contorno hipotética passando por uma célula específica	Olaya (2009)
Profile curvature	PROC	Descreve a curvatura da superfície na direção da inclinação mais íngreme	Olaya (2009)
Real surface area	RSA	Cálculo real da área da célula	Olaya (2004)
Slope	S	Representa declividade angular local	Câmara <i>et al.</i> (1996)
Soil Adjusted Vegetation Index	SAVI	$(1 + L) \times \frac{NIR - RED}{NIR + RED + L}$	Huete (1988)
Soil Brightness Index	SBI	$\sqrt{RED^2 + NIR^2}$	Elvidge e Lyon (1985)
Slope height	SH	Distância vertical entre a base e o cume da encosta	Böhner e Selige (2006)
Surface specific points	SSP	Indica diferenças entre pontos de deslocamento de superfície específicos	Peucker e Douglas (1975)
Standardized height	STANH	Distância vertical entre a base e o índice de inclinação padronizado	Böhner e Selige (2006)
Tangencial curvature	TANC	Medido no plano normal em uma direção perpendicular ao gradiente	Olaya (2009)
Total curvature	TC	Medida geral da curvatura da superfície	Olaya (2009)
Topographic position index	TPI	Diferença entre a elevação de um ponto e a elevação circundante	Gallant e Wilson (2000)
Terrain ruggedness index	TRI	Índice quantitativo de heterogeneidade topográfica	Riley <i>et al.</i> (1999)
Terrain surface convexity	TSC	Razão entre o número de células que têm curvatura positiva e o número total	Iwahashi e Pike (2007)
Topographic wetness index	TWI	Descreve a tendência de cada célula em acumular água em função do relevo	Pei <i>et al.</i> (2010)
Valley depth	VD	Cálculo da distância vertical ao nível da base de drenagem	Böhner e Selige (2006)
Vector ruggedness measure	VRM	Mede a variação da rugosidade do terreno	Hobson (1972)

⁽¹⁾ Covariáveis ambientais utilizadas na modelagem extraídas através do Modelo digital de Elevação (MDE) e do sensor orbital Landsat 8. ⁽²⁾ Abreviação das covariáveis utilizadas na modelagem. ⁽³⁾ Breve descrição sobre as covariáveis. * Variáveis extraídas do sensor orbital Landsat, visando representar a variável O (organismos) da equação scorpan.

O processamento dessas covariáveis se deu pelo software R (R CORE TEAM, 2013) com os pacotes *raster* (HIJMANS et al., 2019), *rgdal* (BIVAND et al., 2021) e *caret* (KUHN, M et al., 2020) utilizados para gerar o mapa de variabilidade de profundidade através do classificador *Random Forest* (RF) (Figura 6), desenvolvido por Breiman; Cutler (2009). Este classificador pode ser entendido como uma combinação de muitas árvores de decisão (floresta), em que cada árvore é derivada de um vetor aleatório amostrado de forma independente, e com mesma distribuição para todas as árvores da “floresta”.

A calibração do modelo se deu a partir da separação de 70% dos pontos amostrados, onde se deu o treinamento do modelo, e a validação com os 30% restantes dos pontos, sendo estes pontos escolhidos aleatoriamente. Para modelagem foram realizados alguns ajustes, como a escolha do parâmetro *mtry*, o qual foi feito com base no desempenho do modelo. Utilizando a função “train” do pacote *caret* o melhor valor de *tunagem* foi encontrado através do procedimento de reamostragem utilizando validação cruzada (VC), o valor para parâmetro *k-fold* da VC escolhido foi 10. Os testes foram realizados utilizando valores *mtry* entre 1 e 20, o valor da tentativa com a menor raiz do erro quadrático médio (RMSE em inglês) foi escolhido como o valor final para o *mtry*. Já para o número de árvores de decisão, o valor escolhido foi 500 (Figura 6) (KUHN e JOHNSON, 2013).

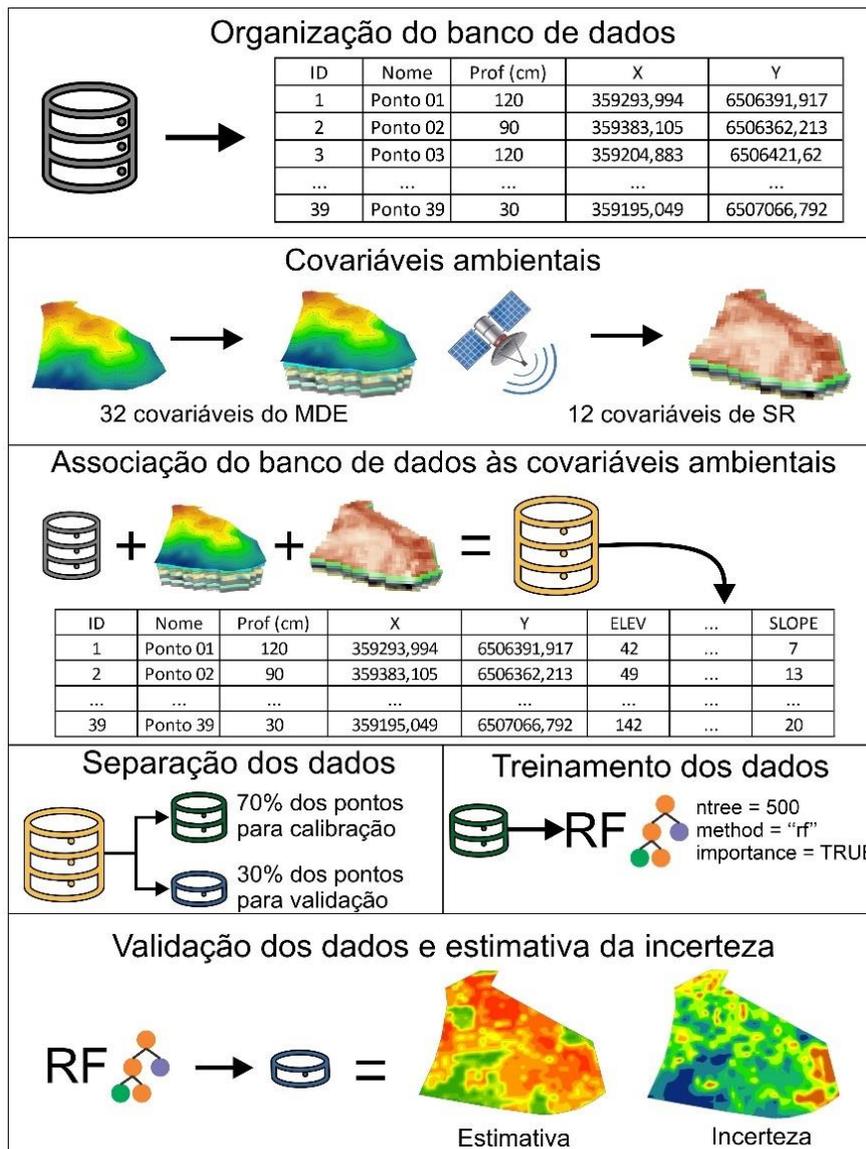


Figura 6: Fluxograma das etapas da pesquisa.

Com base na predição realizada pelo modelo, as estatísticas de acurácia foram calculadas para avaliar a sua qualidade, como o coeficiente de determinação R^2 e a raiz quadrada média do erro (RMSE). Obtendo dados com boa acurácia, o modelo pode ser usado para previsão espacial da profundidade do contato lítico/saprolítico de Neossolos.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (obs_i - pred_i)^2} \quad (3)$$

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (obs_i pred_i - \overline{obs} \overline{pred})^2}{(\sum_{i=1}^n obs_i^2 - \overline{obs}^2)(\sum_{i=1}^n pred_i^2 - \overline{pred}^2)} \quad (4)$$

Sendo assim, temos que obs_i e $pred_i$ são os valores observado e preditos de profundidade do solo respectivamente; \overline{obs} e \overline{pred} são as médias dos valores observados e preditos.

A incerteza dos mapas preditos foi calculada utilizando *quantile regression forest* (QRF) (MEINSHAUSEN, 2006) utilizando o pacote *quantregForest* no R (MEINSHAUSEN, 2017). Através do QRF a incerteza é caracterizada pela distribuição condicional da variável de resposta. O QRF mantém o valor de todas as observações do nó de cada árvore, ao contrário do RF que mantém somente a média. Dessa forma é capaz de avaliar a distribuição condicional (VAYSSE e LAGACHERIE, 2017). Para a representação da incerteza nos mapas, foi utilizado o coeficiente de variância (CV),

$$CV = \frac{\sigma}{\mu} \quad (5)$$

onde, σ é o desvio padrão calculado para cada pixel e μ é a média calculado para cada pixel, ambos utilizando os dados disponibilizado pelo QRF.

Visando definir ao modelo uma maior acurácia, após a predição com todas as 44 covariáveis, foi obtido ainda com auxílio do pacote *caret* no R, as 10 mais importantes covariáveis, ou seja, as que melhor descreviam a variação da profundidade do contato lítico/saprolítico daquele solo. Com posse destas variáveis selecionadas, foi rodado mais uma modelagem (Modelagem 2) (Figura 7), para assim obter um mapa com maior acurácia, e conseqüentemente menor incerteza do mapa de profundidade do contato lítico/saprolítico predito.

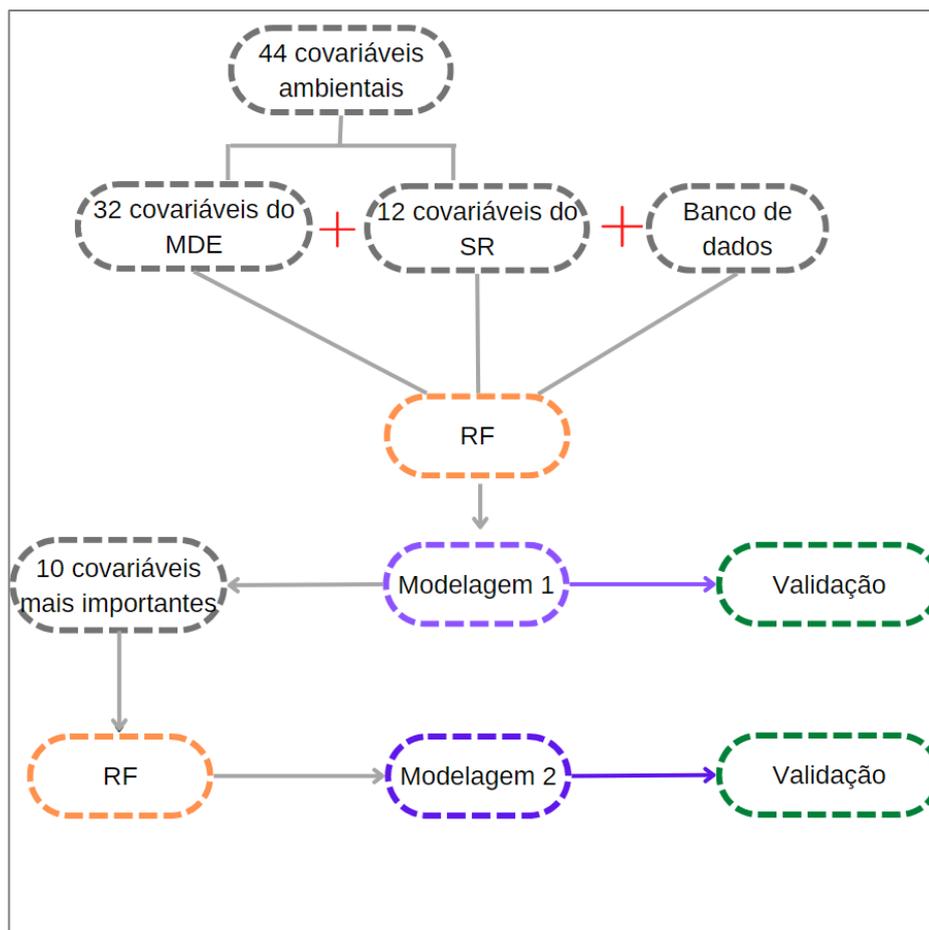


Figura 7: Fluxograma de obtenção da modelagem 1 e modelagem 2, e suas validações.

5.3 Resultados

5.3.1 Espacialização dos pontos amostrais

A partir da espacialização condicionada com pontos amostrais foram realizadas as aferições de profundidade com o auxílio do trado holandês. Assim, foram avaliados 39 pontos onde constam informações de profundidade do contato lítico/saprolítico bem como a posição geográfica (Tabela 3). A localização dos pontos de avaliação, na área de estudo, com as respectivas profundidades é apresentada na figura 6.

Tabela 3: Pontos de profundidade coletados.

Pontos	Coordenada X	Coordenada Y	Profundidade (cm)
1	359293,994	6506391,917	120
2	359383,105	6506362,213	90

3	359204,883	6506421,620	120
4	359307,659	6506488,152	60
5	359350,368	6506486,102	40
6	359342,226	6506451,018	30
7	359383,105	6506481,028	120
8	359353,402	6506570,138	120
9	359591,031	6506778,064	40
10	359561,327	6506778,064	50
11	359505,379	6506752,793	20
12	359412,809	6506837,471	20
13	359353,402	6506896,878	50
14	359334,488	6506787,981	30
15	359276,798	6506757,859	40
16	359323,698	6506956,286	20
17	359264,291	6507015,693	75
18	359234,587	6507075,100	120
19	359323,698	6507075,100	30
20	359367,780	6507116,165	20
21	359442,512	6506926,582	20
22	359639,736	6506609,592	35
23	359680,142	6506659,249	20
24	359293,994	6506570,138	80
25	359383,105	6506599,842	120
26	359412,809	6506599,842	120
27	359474,478	6506540,127	35
28	359442,512	6506510,731	50
29	359204,883	6506837,471	80
30	359175,180	6506807,768	20
31	359383,105	6506748,360	50
32	359531,623	6506688,953	45
33	359739,549	6506540,435	50
34	359435,861	6506759,019	20
35	359517,613	6506767,440	20
36	359405,143	6506500,193	60
37	359208,217	6506936,742	60
38	359374,279	6506964,303	30
39	359195,049	6507066,792	30

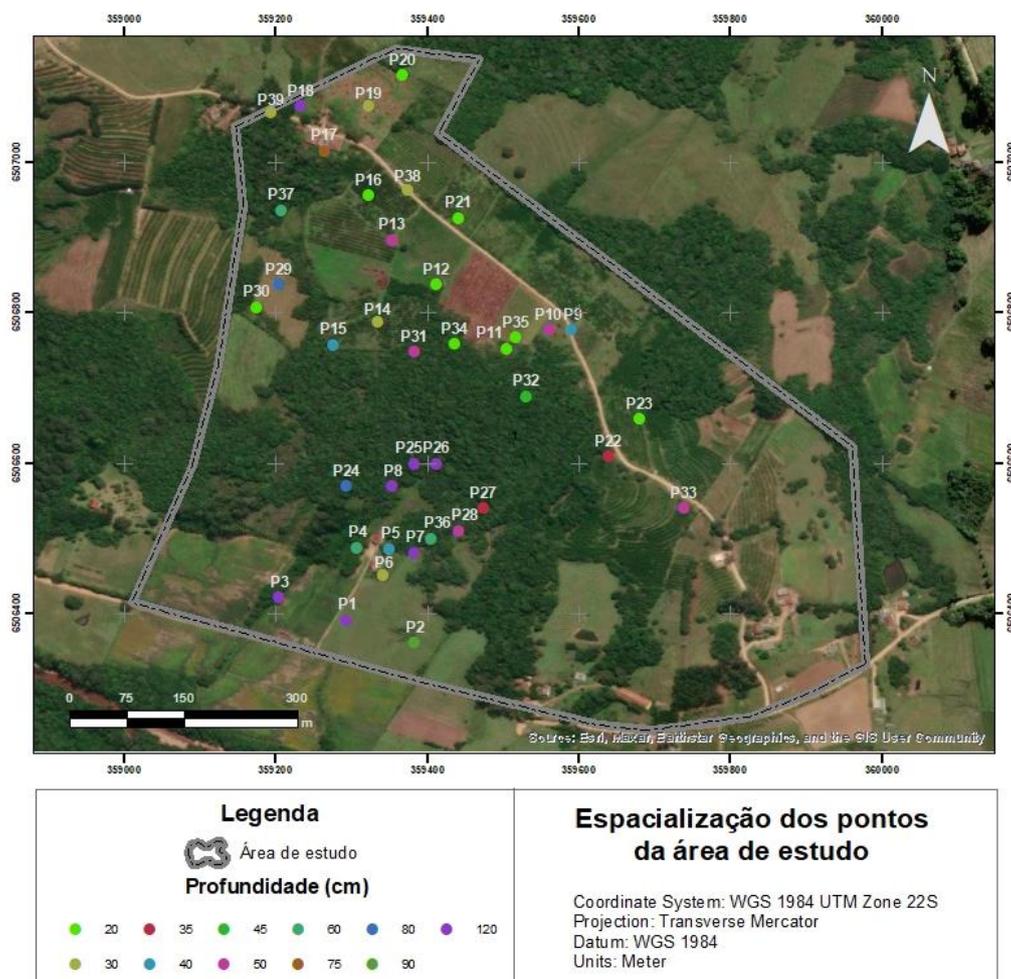


Figura 8: Mapa de espacialização dos pontos da área de estudo.

5.3.2 Treinamento do modelo

Considerando os dois modelos de predição, a modelagem 1 utilizando todas as 44 covariáveis ambientais extraídas do modelo digital de elevação e do sensor orbital Landsat 8/OLI, e a modelagem 2 utilizando somente as 10 covariáveis de maior importância na predição do modelo, se obteve os dados relacionados a acurácia do modelo (Tabela 4). A acurácia do modelo é definida a partir do R^2 e RMSE, no qual são calculados a partir do valor observado no ponto coletado, e o valor encontrado no modelo predito.

Tabela 4: Acurácia obtida nos dois modelos preditos.

	R ²	RMSE (m)
Modelagem 1	0,91	0,09
Modelagem 2	0,93	0,08

Com os dados obtidos na modelagem 1, foram quantificadas por ordem de importância as 10 covariáveis que melhor descreveram a variabilidade dos pontos observados, nos quais foram selecionados, e utilizados unicamente na modelagem 2, visando reduzir a confusão gerada pelo modelo. Desta forma, tem-se a importância de cada covariável ambiental em ambas as modelagens (Figura 9).

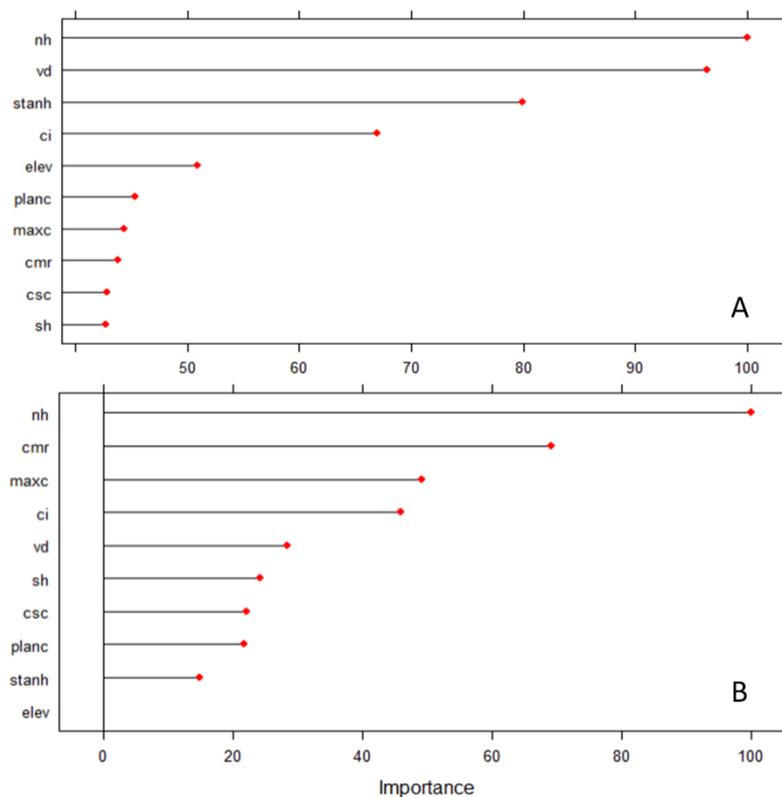


Figura 9: Importância das covariáveis na predição do modelo. A) Modelagem 1 com 44 covariáveis; B) Modelagem 2 com as 10 covariáveis de maior importância.

As covariáveis que apresentaram a mais importância no modelo de predição foram a altura normalizada (nh), profundidade do vale (vd), altura padronizada (stanh), índice de convergência (ci), elevação (elev), plano de

curvatura (planc), curvatura máxima (maxc), razão de minerais de argila (cmr), curvatura transversal (csc), e altura do declive (sh), respectivamente.

5.3.3. Mapa de variabilidade da profundidade do contato lítico/saprolítico

Os dados de profundidade obtidos pelo modelo de predição foram agregados formando conjuntos a cada 10 cm de incremento na profundidade, sendo que a menor profundidade observada foi de 20 cm e a maior, superior a 110 cm (Figura 10). As áreas com menores profundidades se encontram demarcadas em vermelho e estão localizadas nas áreas com maiores altitudes e/ou mais declivosas, em contraponto, os solos mais profundos se encontram nas menores cotas da área de estudo, em menores declives.

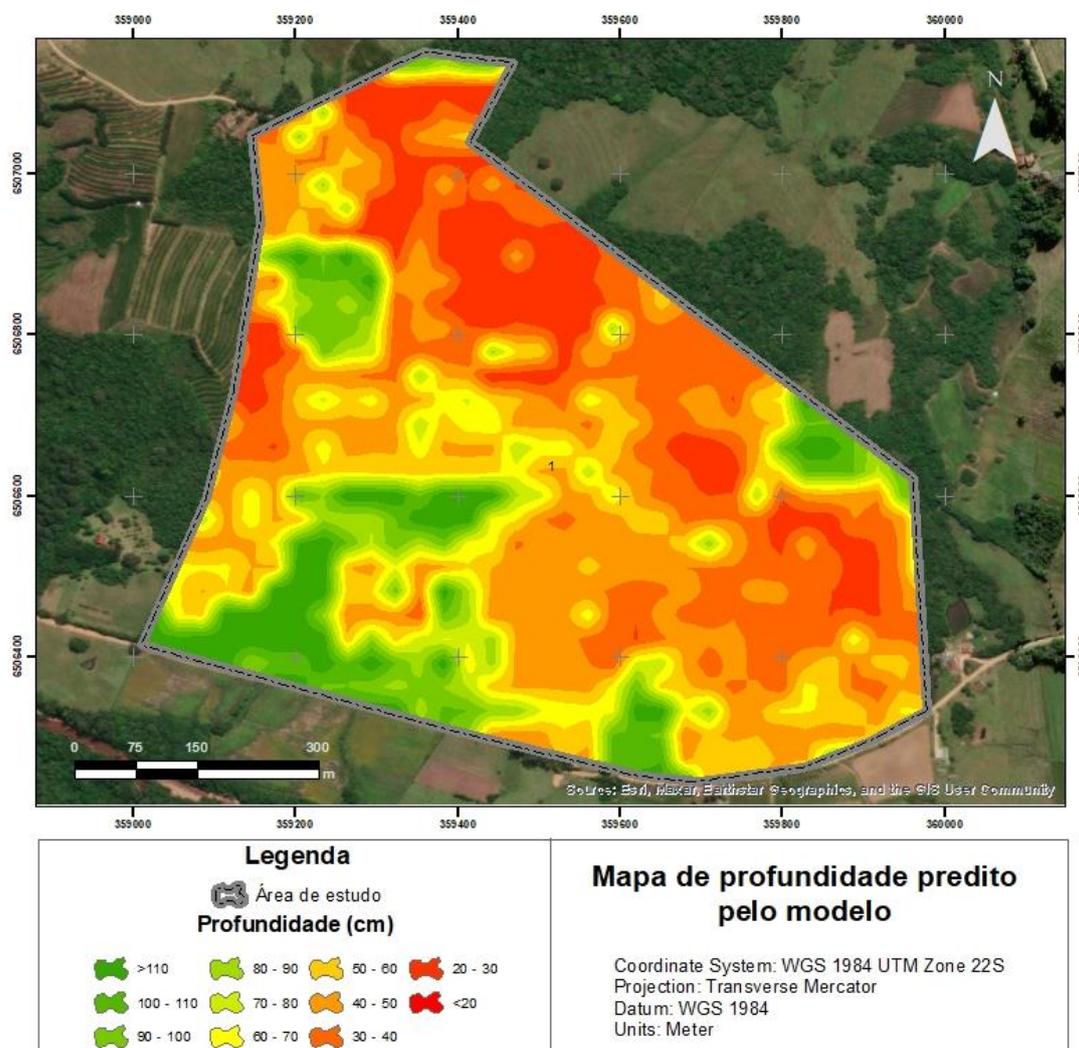


Figura 10: Mapa de profundidade predito pelo modelo.

Com base em todos os pixels que contém informação de profundidade gerados pelo modelo, foi possível obter também um histograma com suas respectivas profundidades e sua frequência de ocorrência (Figura 11). Sendo assim, percebe-se que a maior frequência ocorre na profundidade de 46 cm, e a menor nos extremos, ou seja, com 20 cm e 120 cm. Os solos que apresentam a profundidade do contato lítico/saprolítico acima de 70 cm, apresentam a frequência estatisticamente semelhante, sem muitas variações.

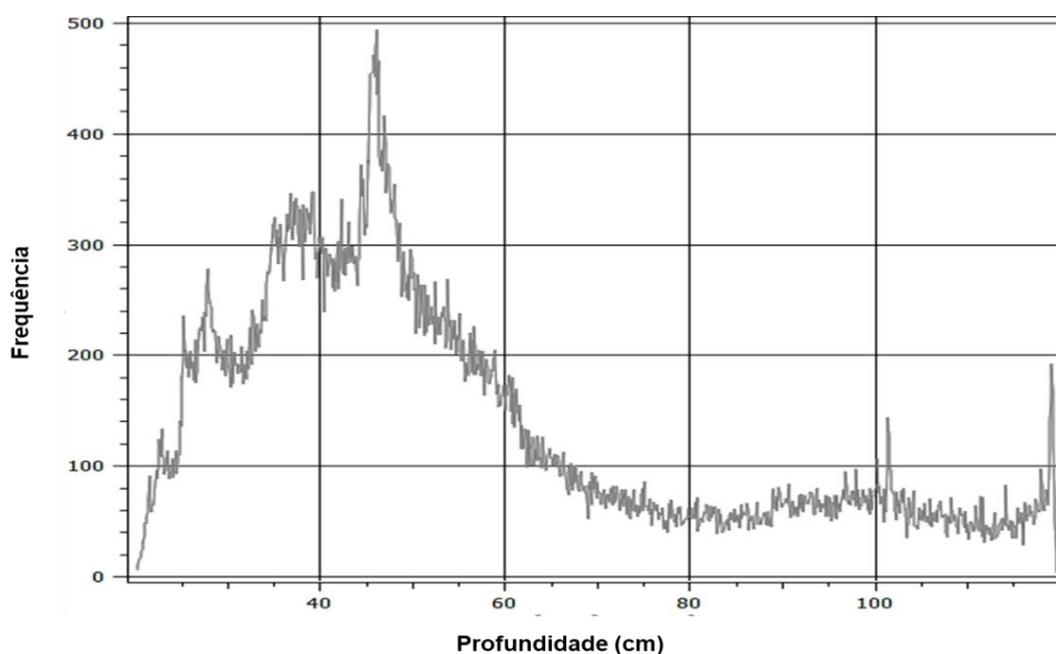


Figura 11: Histograma da frequência de ocorrência de cada profundidade de solo predita.

5.3.4. Estimativa da incerteza e validação do mapa predito

A incerteza do modelo predito é estipulada a partir do cálculo do coeficiente de variação para cada pixel da imagem, o que acaba gerando um mapa de incerteza (Figura 12). Posto isto, o mapa predito apresenta um coeficiente de variação mínimo de 8,84%, e máximo de 135%, a média encontrada foi de 53%. O desvio padrão médio encontrado foi de 0,2.

A partir dos valores de profundidade preditos pelo modelo, podem ser obtidos os coeficientes R^2 e RMSE (Raiz quadrada do erro médio) de cada pixel da imagem, podendo assim ser realizado a sua validação (Tabela 5).

Tabela 5: Estimativa da incerteza das modelagens para o mapa predito.

	R^2		RMSE (m)	
	M1	M2	M1	M2
Média	0,65	0,72	0,19	0,17
Mediana	0,69	0,73	0,18	0,18
Mínimo	0,19	0,63	0,16	0,14
Máximo	0,80	0,81	0,31	0,20

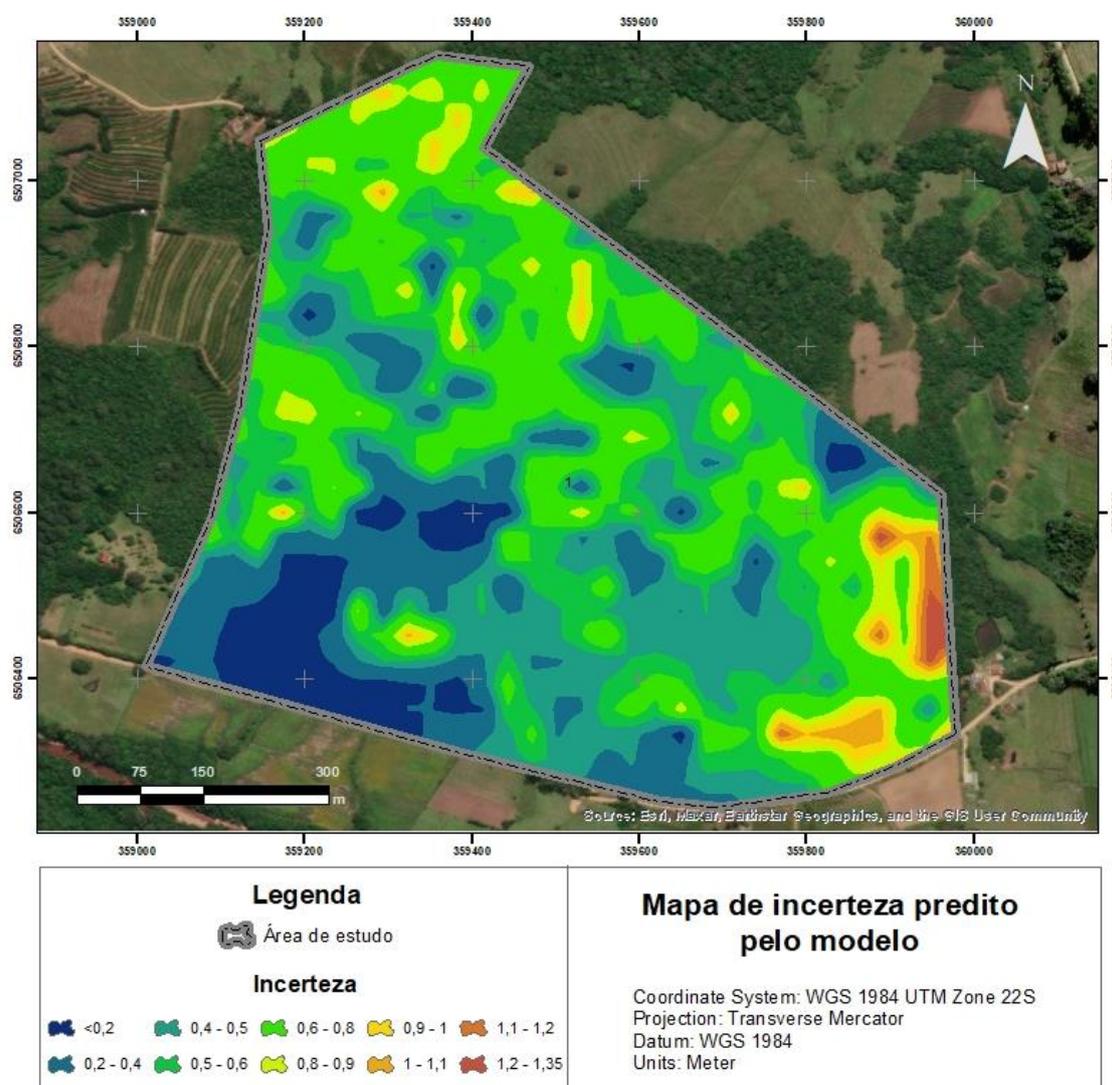


Figura 12: Mapa de incerteza predito.

5.4 Discussão

5.4.1 Espacialização dos pontos amostrais

A profundidade média encontrada na modelagem foi de 0,55 m (Figura 8), todavia, esse dado acaba por subestimar os solos com maiores profundidades, isso devido a profundidade máxima coletada ser de 1,2 m (Tabela 3), sendo que nos relevos planos, a profundidade era superior a máxima amostrada. Entretanto, a maior frequência de ocorrência ficou entre as profundidades de 0,2 a 0,5 m (Figura 10), evidenciando a maior quantidade de solos dentro desta faixa de profundidade. O algoritmo cLHS acabou por gerar uma maior densidade amostral nas áreas nas quais havia maior declive da paisagem (Figura 2), ou seja, nas áreas com menores declives e mais homogêneas a densidade amostral foi consideravelmente menor, ocasionando em grandes porções sem amostragem (Figura 8).

5.4.2 Capacidade preditiva dos modelos

Quando comparados os dois modelos de predição (Tabela 5) é possível perceber que o modelo 2, aquele no qual foram consideradas somente as covariáveis de maior importância na predição, apresentou valores de R^2 e RMSE mais altos em relação ao modelo que utilizou todas as covariáveis (modelo 1). A retirada de dados os quais não acrescentam grande importância na modelagem acabam por contribuir para a redução da incerteza e melhorar ainda mais a acurácia do modelo (DHARUMARAJAN et al., 2020).

A acurácia do modelo predito para profundidade do contato lítico/saprolítico segue a tendência dos demais trabalhos realizados na área. Wilford e Thomas (2013), obtiveram valores para treinamento do modelo equivalentes a $R^2 = 0,7$ e RMSE de 0,93 m, o estudo foi desenvolvido utilizando 29 covariáveis de 10 m de resolução, sendo 7 covariáveis de origem geológica, 10 climáticos e 12 topográficos, visando prever a espessura do regolito em uma área de 1.280 km². O treinamento do modelo se deu a partir de 714 amostras usando modelos de regressão linear. Neste estudo, as covariáveis que mais

contribuíram para o modelo de predição foram as derivadas de atributos climáticos.

As covariáveis que melhor explicaram o modelo de predição (modelo 2), ou seja, que tiveram uma importância acima de 50%, foram todas derivadas do MDE, pertencendo a variável relevo (r) do Fator *s.c.o.r.p.a.n.* São elas, a altura normalizada, profundidade do vale, altura padronizada, índice de convergência e elevação, podendo as correlacionar diretamente com o material de origem e gênese destes solos. Os solos derivados de granitóides, como é o caso da suíte Pinheiro Machado, normalmente apresentam-se em relevos mais declivosos, como pode ser visto na (Figura 2), e combinado com a menor ação do intemperismo químico e maior perda de solos por erosão, devido à alta declividade, faz com que nesse tipo de ambiente os solos formados sejam menos desenvolvidos, ou seja, mais rasos.

Dentre todas as covariáveis mais importantes, apenas uma é derivada da variável organismos (O), sendo ela a razão de minerais de argila (cmr), obtida a partir do sensor orbital Landsat 8. A sua importância varia entre as duas modelagens (modelo 1 e modelo 2) (Figura 9), sendo que quando utilizado somente as 10 covariáveis que melhor representam o modelo de predição, a covariável cmr passa de oitava para a segunda mais importante, e a covariável elevação, na segunda modelagem (modelo 2) não apresenta nenhuma importância, isso se deve em razão das outras covariáveis com exceção da cmr, serem derivadas dela, e por si só já representam a elevação.

Vários estudos demonstram que as covariáveis derivadas do relevo são as componentes mais importantes nos modelos de predição, como por exemplo, no trabalho de Yang et al. (2014), onde as covariáveis mais importantes foram a elevação, declividade e índice de umidade topográfica. Tsai et al. (2001), a elevação, declividade e orientação do declive, Dharumarajan et al. (2020), a litologia e elevação, e Horst-Heinen et al. (2021) encontraram como covariáveis mais importantes a elevação, declividade, distância vertical à rede do canal, índice de rugosidade do terreno e posição de inclinação relativa.

No geral, as covariáveis mais importantes encontradas nos estudos foram a elevação e declividade (Figura 9), concordando indiretamente com as covariáveis encontradas na modelagem realizada, pois ambas são derivadas destas covariáveis. Por se tratar de um relevo complexo como o encontrado em

todo o Escudo Sul-Riograndense, as variáveis com maior peso foram as relacionadas à drenagem, como altura normalizada, altura padronizada e índice de convergência, e profundidade dos vales.

5.4.3 Validação do modelo

A validação de ambos os modelos de predição (modelo 1 e modelo 2) são comparáveis com estudos anteriores. Por exemplo, Li et al. (2017) realizam estudo de predição da espessura do solo no Condado de Fengjie de Chongqing, sudoeste da China. utilizando RF (Random Forest) em escala de bacia hidrográfica, com um total de 1113 amostras coletadas ao longo da encosta da bacia hidrográfica com um trado manual. Para a modelagem foram utilizadas 7 covariáveis extraídas do MDE, encontrando um R^2 de 0,62 e um RMSE de 0,11 m.

No trabalho realizado por Yang et al. (2014), a validação do modelo de predição apresentou um $R^2 = 0,71$ e RMSE de 0,04 m utilizando a regressão linear múltipla para a previsão da profundidade do solo, com conjunto amostral de 171 amostras, na proporção de 80% dos pontos para treinamento e 20% para validação, com 9 covariáveis originadas do MDE, em uma área de 10 Km². Também utilizando a regressão linear múltipla, Mehnatkesh et al. (2013) obtiveram um R^2 de 0,88 e um RMSE de 0,01 m na validação, utilizando 100 pontos amostrais.

Dharumarajan et al. (2020) compararam dois modelos para predizer a profundidade do solo em Karnataka, na Índia, utilizando o QRF (Quantile regression forest) e RK (Regression kriging), e um conjunto amostral de 5174 pontos reunidos de dados legados num período de 30 anos. As covariáveis relativas ao relevo foram extraídas do MDE, e o NDVI extraído dos dados do sensor orbital Landsat-8, além de variáveis climáticas. No modelo RK os autores obtiveram um R^2 de 0,3 e RMSE de 34 cm, e para o modelo QRF um R^2 de 0,17 e RMSE de 37 cm.

No Brasil, Horst-Heinen et al. (2021), utilizaram o modelo preditivo RF com oito covariáveis ambientais extraídas do MDE reamostrado de 10 metros, também utilizando um buffer em cada ponto amostral, porém de 10 metros, e

obtiveram um R^2 de 0,91 e RMSE de 17 cm. Sendo assim, os dados obtidos vão de encontro aos resultados propostos nestes trabalhos, conferindo valores de RMSE e/ou R^2 semelhantes (Tabela 5), apesar das diferenças de metodologias.

De acordo com Vaudour et al. (2019), resultados de R^2 inferior a 0,4 apresentam baixa capacidade preditiva, valores entre 0,5 e 0,7 indicam moderado nível de predição, e valores de R^2 superiores a 0,7 são altamente preditivos. Sendo assim, o R^2 obtido com o modelo se enquadra nos valores descritos como altamente preditivos.

5.4.4 Estimativa da incerteza e validação do mapa predito

De acordo com o mapa de incerteza, é possível verificar que grande parte da incerteza encontrada está localizada nas áreas onde a densidade amostral é baixa (Figura 8 e Figura 13). Nestas áreas, o coeficiente de variação é superior a 100%, isso ocorre por razão da média calculada para cada pixel ser superior ao valor de desvio padrão encontrado no mesmo pixel. Em algumas áreas, a maior incerteza pode ser explicada devido a influência antrópica sob o ambiente, como o caso de construção de edificações e obras em terra.

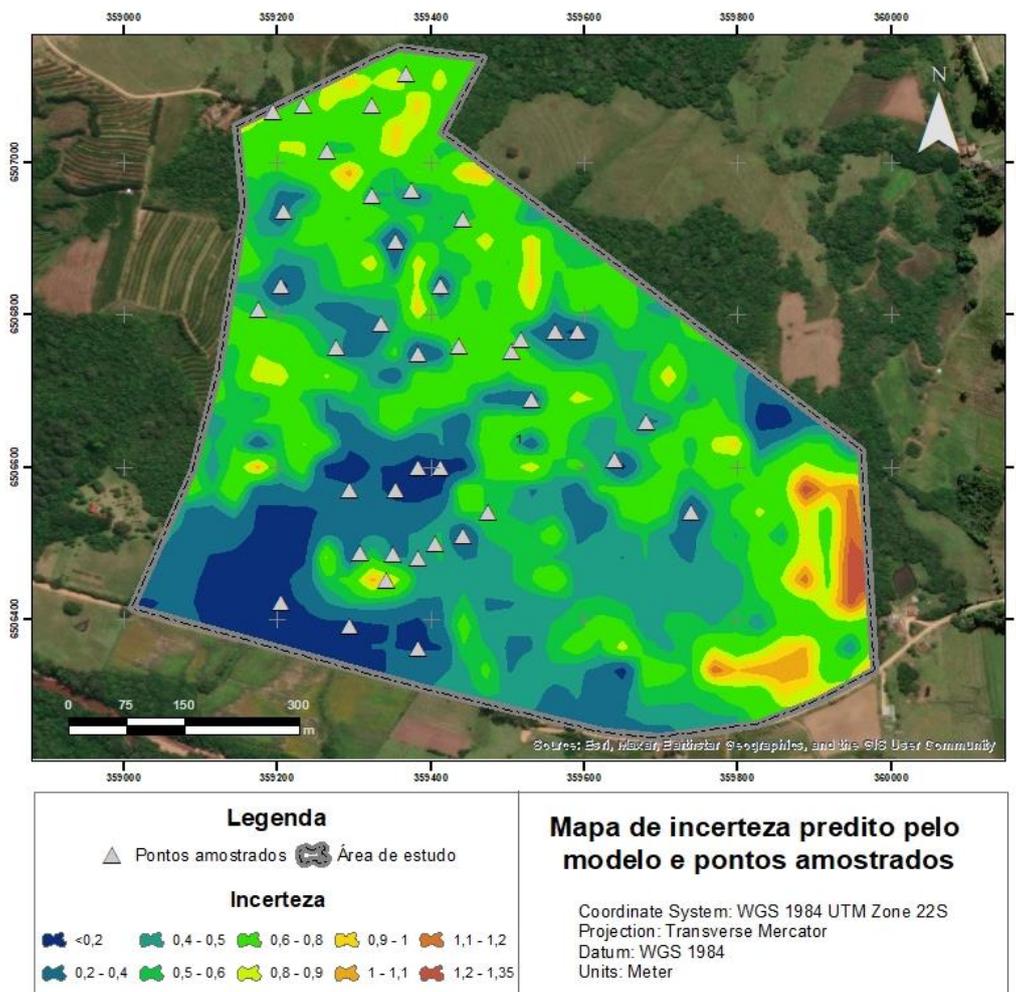


Figura 13: Relação da incerteza com a malha amostral.

5.4.5 Mapa de variabilidade do contato lítico/saprolítico

Geologicamente, a área de estudo apresenta um material de origem mais resistente ao intemperismo químico, o que acaba por gerar solos menos desenvolvidos pedogeneticamente. De acordo com a série de Goldich (Figura 14), os minerais que cristalizam primeiro na série de Bowen, são os primeiros a se alterarem no ambiente superficial (PEJON; RODRIGUES, 2016). O quartzo, componente mineralógico em grande quantidade no material de origem da área de estudo, pertence ao grupo dos tectossilicatos, que apresentam baixa reatividade e conseqüentemente são mais resistentes ao intemperismo químico. Desta forma, juntamente com a grande variação do relevo, é possível explicar a

origem dos solos pedogeneticamente pouco desenvolvidos localizados na área de estudo.

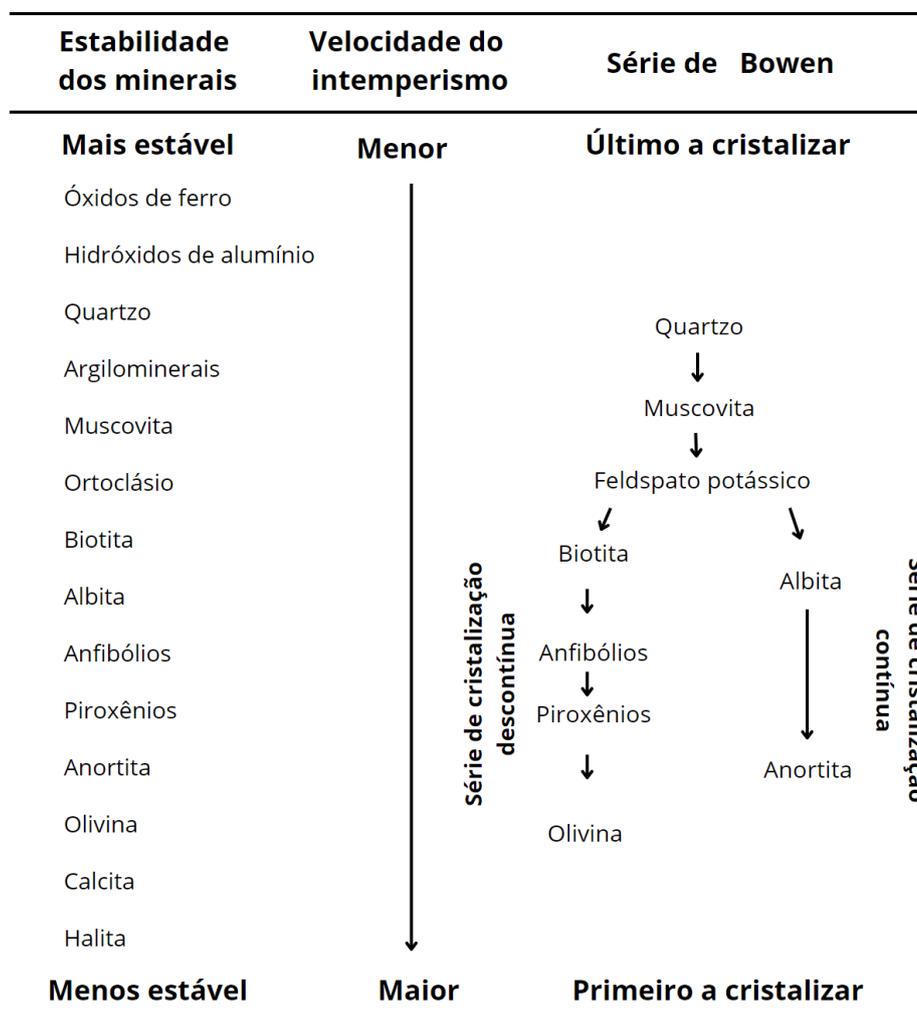


Figura 14: Ordem de estabilidade dos minerais frente aos processos intempéricos (Série de Goldich) em comparação a série de cristalização de Bowen. Fonte: Adaptado de Teixeira et al. (2008).

Tendo em vista as covariáveis que melhor explicaram a variação, ou seja, as ligadas a drenagem e elevação, pode-se considerar que os solos mais rasos ficaram posicionados nas áreas com maiores altitudes e declividades, que possuem maiores fluxos de drenagem, e conseqüentemente maior perda de solo. Em contrapartida, nas porções mais planas e com menores altitudes, ficaram posicionados os solos mais profundos, como os Neossolos Regolíticos e em alguns pontos Argissolo Amarelo.

Percebe-se também que os solos mais rasos se encontram predominantemente sob dois usos da terra, o cultivo de pêssego (fruticultura) e

mata nativa, concordando com o descrito pela Capacidade de uso do solo (CUT) (LEPSCH et al., 2015), nos quais solos rasos devem ser utilizados somente por cultivos perenes ou conservação da mata nativa. Os solos mais profundos, com espessura superior a 0,50 m, estão sendo utilizados pela pecuária e cultivo de espécies anuais, como a soja e o milho.

5.5 Conclusão

Os resultados obtidos sugerem uma boa capacidade do modelo Random Forest (RF) para predição da profundidade do contato lítico/saprolítico de Neossolos, utilizando as covariáveis derivadas do MDE e do sensor orbital Landsat 8, podendo assim determinar as suas distribuições espaciais.

A modelagem utilizando somente as covariáveis com mais importância preditiva aumentam a acurácia do modelo e do mapa predito, podendo somente elas serem utilizadas para modelagem da profundidade de solos neste contexto geológico. As covariáveis que apresentaram a mais importância no modelo de predição foram a altura normalizada (nh), profundidade do vale (vd), altura padronizada (stanh), índice de convergência (ci) e elevação (elev).

Com a técnica do MDS foi possível obter mapas de profundidade mais precisos, condizentes com a realidade, podendo servir como ferramenta auxiliadora na elaboração de um adequado planejamento do uso da terra e outros estudos hidrológicos.

Referências

- ALMEIDA, A. V. D. L. et al. Atributos físicos, macro e micromorfológicos de Neossolos Regolíticos no agreste meridional de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, p. 1235-1246, 2015.
- ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ARROUAYS, D. et al. Impressions of digital soil maps: The good, the not so good, and making them ever better. **Geoderma Regional**, v. 20, p. e00255, 2020.
- BARBOSA, Lucas da Silva. **Atributos morfológicos, químicos e físico-hídricos de Neossolos Litólicos e Regolíticos da Região do Escudo Cristalino Sul-Riograndense**. Orientador: Pablo Miguel. 2022. 77f. Dissertação (Mestrando em Manejo e Conservação do Solo e da Água) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2022.
- BIVAND, R.; KEITT, T.; ROWLINGSON, B.; PEBESMA, E. rgdal: Bindings for the geospatial data abstraction library. **R package version 1.4-8**, 2020.
- BOER, M.; DEL BARRIO, G.; PUIGDEFÁBRES, J. Mapping soil depth classes in dry Mediterranean areas using terrain attributes derived from a digital elevation model. **Geoderma**, v. 72, n. 1-2, p. 99-118, 1996.
- BOGNOLA, I. A. et al. **Caracterização dos solos do município de Carambeí, PR**. Embrapa Solos, 2002.
- BÖHNER, J.; ANTONIĆ, O. Chapter 8 Land-Surface Parameters Specific to Topo-Climatology. *In: Developments in Soil Science*. [s.l: s.n.]. v. 33p. 195–226.
- BÖHNER, J.; SELIGE, T. Spatial prediction of soil attributes using terrain analysis and climate regionalisation. *In: BÖHNER, J.; MCCLOY, K. R.; STROBL, J.*
- BREIMAN, L.; CUTLER, A. Random forests homepage. **Retrieved April 23rd**, 2009.
- BUNNING, S.; MCDONAUGH, J.; WOODFINE, A. Part 2: Field methodology and tools. **Manual for local assessment of land degradation and sustainable land management**, p. 67-125, 2011.
- CÂMARA, G.; SOUZA, R. C. M.; FREITAS, U. M.; GARRIDO, J. Spring: Integrating remote sensing and gis by object-oriented data modelling. **Computers & Graphics**, v. 20, n. 3, p. 395–403, maio 1996.

CAMARGO, M. N.; KLAMT, E.; KAUFFMAN, J. H. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. **Embrapa Solos-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 1987.

CANCIAN, L. C. **Estratégias para predição de classes de solo**. 2019. -, Universidade Federal de Santa Maria.

CARLSON, T. N.; RIPLEY, D. A. On the relation between NDVI, fractional vegetation cover, and leaf area index. **Remote Sensing of Environment**, v. 62, n. 3, p. 241–252, dez. 1997.

CARVALHO JÚNIOR, Waldir de et al. Método do hipercubo latino condicionado para a amostragem de solos na presença de covariáveis ambientais visando o mapeamento digital de solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, p. 386-396, 2014.

COELHO, F. F.; GIASSON, E. Comparação de métodos para mapeamento digital de solos com utilização de sistema de informação geográfica. **Ciência Rural**, v. 40, p. 2099-2106, 2010.

CPRM – COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. Mapa geológico do Estado do Rio Grande do Sul. Escala: 1:750.000, 2006.

CRUZ, R. F. et al. Projeto Sudeste do Rio Grande do Sul: escalas 1: 250.000 e 1: 100.000; estado do Rio Grande do Sul/Relatório do Programa geologia, mineração e transformação mineral. **CPRM, Porto Alegre**, 2019.

DALMOLIN, R. S. D.; KLAMT, E.; PEDRON, F. d. A.; AZEVEDO, A. C. d. Relação entre as características e o uso das informações de levantamentos de solos de diferentes escalas. **Ciência Rural**, 34, n. 5, p. 1479-1486, 2004.

DALMOLIN, R. S. D.; TEN CATEN, A. Mapeamento Digital: nova abordagem em levantamento de solos. **Investigación Agraria**, 17, n. 2, p. 77-86, 2015.

DEMATTE, J. A. M.; GENÚ, A. M.; FIORIO, P. R.; ORTIZ, J. L. *et al.* Comparação entre mapas de solos obtidos por sensoriamento remoto espectral e pelo método convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 39, n. 12, p. 1219-1229, 2004.

DESMET, P. J. J.; GOVERS, G. A GIS procedure for automatically calculating the USLE LS factor on topographically complex landscape units. **Journal of Soil and Water Conservation**, v. 51, n. 5, p. 427–433, 1996.

DEVIA, G. K.; GANASRI, B. Pa; DWARAKISH, G. Sa. A review on hydrological models. **Aquatic procedia**, v. 4, p. 1001-1007, 2015.

DHARUMARAJAN, S. et al. Prediction of soil depth in Karnataka using digital soil mapping approach. **Journal of the Indian Society of Remote Sensing**, v. 48, n. 11, p. 1593-1600, 2020.

DIETRICH, W. E. et al. A process-based model for colluvial soil depth and shallow landsliding using digital elevation data. **Hydrological processes**, v. 9, n. 3-4, p. 383-400, 1995.

ELVIDGE, C. D.; LYON, R. J. P. Influence of rock-soil spectral variation on the assessment of green biomass. **Remote Sensing of Environment**, v. 17, n. 3, p. 265–279, jun. 1985.

FARR, T. G.; ROSEN, P. A.; CARO, E.; CRIPPEN, R. *et al.* The shuttle radar topography mission. **Reviews of geophysics**, 45, n. 2, 2007.

FLORINSKY, I. V. Digital Elevation Models. *In: Digital Terrain Analysis in Soil Science and Geology*. [s.l.] Elsevier, 2016. p. 77–108.

GALLANT, J. C.; DOWLING, T. I. A multiresolution index of valley bottom flatness for mapping depositional areas. **Water Resources Research**, v. 39, n. 12, dez. 2003.

GALLANT, J. C.; WILSON, J. P. Primary topographic attributes. **Terrain Analysis: Principles and Applications**, n. January, p. 51–85, 2000.

GAO, Y.; LIAN, X.; GE, L. Inversion model of surface bare soil temperature and water content based on UAV thermal infrared remote sensing. **Infrared Physics & Technology**, v. 125, n. July, p. 104289, set. 2022.

GIASSON, E. et al. Digital soil mapping using multiple logistic regression on terrain parameters in southern Brazil. **Scientia Agricola**, v. 63, n. 3, p. 262-268, 2006.

GOMES, J. B. V. et al. Unidades de manejo para pinus: desenvolvimento e aplicação de metodologia em áreas de produção no oeste catarinense. **Embrapa Florestas-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2016.

GRUBER, S.; PECKHAM, S. Chapter 7 Land-Surface Parameters and Objects in Hydrology. *In: Developments in Soil Science*. [s.l.: s.n.]. v. 33p. 171–194.

HAN, X. L et al. Identifying soil structure along headwater hillslopes using ground penetrating radar based technique. **Journal of Mountain Science**, v. 13, n. 3, p. 405-415, 2016.

HEIMSATH, A. M. et al. The soil production function and landscape equilibrium. **Nature**, v. 388, n. 6640, p. 358-361, 1997.

HIJMANS, R. J. Writing functions with the” raster” package. 2019.

HOBSON, R. D. Surface roughness in topography: quantitative approach. *In: CHORLEY, R. J. (Ed.). Spatial Analysis in Geomorphology*. 1. ed. London: Routledge, 1972.

HORST-HEINEN, T. Z. et al. Soil depth prediction by digital soil mapping and its impact in pine forestry productivity in South Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 488, p. 118983, 2021.

HUETE, A. A soil-adjusted vegetation index (SAVI). **Remote Sensing of Environment**, v. 25, n. 3, p. 295–309, ago. 1988.

HUDSON, B. D. The soil survey as paradigm-based science. **Soil Science Society of America Journal**, 56, n. 3, p. 836-841, 1992.

IBGE. **Manual técnico de pedologia**. 2007.

IWAHASHI, J.; PIKE, R. J. Automated classifications of topography from DEMs by an unsupervised nested-means algorithm and a three-part geometric signature. **Geomorphology**, v. 86, n. 3–4, p. 409–440, maio 2007.

JENNY, H. Factors of soil formation. 281 pp. **New York**, 1941.

KUHN, Max et al. Package ‘caret’. **The R Journal**, v. 223, 2020.

KUHN, M.; JOHNSON, K. **Applied Predictive Modeling**. New York, NY: Springer New York, 2013

LACOSTE, Marine et al. Evaluating large-extent spatial modeling approaches: A case study for soil depth for France. **Geoderma Regional**, v. 7, n. 2, p. 137-152, 2016.

LAGACHERIE, P.; MCBRATNEY, A. Spatial soil information systems and spatial soil inference systems: perspectives for digital soil mapping. **Developments in soil science**, 31, p. 3-22, 2006.

LAGACHERIE, P.; MCBRATNEY, A.; VOLTZ, M. **Digital soil mapping: an introductory perspective**. Elsevier, 2006.

LARK, R. M. Pedometrics. **European Journal of Soil Science**, [S. l.], v. 62, n. 3, p. 335–336, 2011. DOI: 10.1111/j.1365-2389.2011.01370.x. Disponível em: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1365-2389.2011.01370.x>. Acesso em: 6 out. 2020.

LEPSCH, I. F., ESPINDOLA, C. R., VISCHI FILHO, O. J., HERNANI, L. C., & SIQUEIRA, D. S. Manual para levantamento utilitário e classificação de terras no sistema de capacidade de uso. **Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v. 1, p. 175, 2015.

LI, Aidi et al. Predicting active-layer soil thickness using topographic variables at a small watershed scale. **PLoS One**, v. 12, n. 9, p. e0183742, 2017.

LIEß, M. At the interface between domain knowledge and statistical sampling theory: Conditional distribution based sampling for environmental survey (CODIBAS). **Catena**, v. 187, p. 104423, 2020.

LIMA, Larissa Ane de Sousa; NEUMANN, Marina Rolim Bilich; REATTO, Adriana; ROIG, Henrique Llacer. Mapeamento de solos do tradicional ao digital. **Documentos 316 Embrapa Cerrados**, [S. l.], v. 316, n. Março, p. 52, 2013. DOI: 10.13140/RG.2.1.1662.1605. Disponível em: ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/116635/1/doc-316.pdf.

LU, Y. Y. et al. An integrated method of selecting environmental covariates for predictive soil depth mapping. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 18, n. 2, p. 301-315, 2019.

MCBRATNEY, A. B.; WEBSTER, R.; BURGESS, T. M. The design of optimal sampling schemes for local estimation and mapping of regionalized variables—I. **Computers & Geosciences**, [S. l.], v. 7, n. 4, p. 331–334, 1981.

MCBRATNEY, A.; DE GRUIJTER, J.; BRYCE, A. Pedometrics timeline. **Geoderma**, 338, p. 568-575, 2019.

MCBRATNEY, A. B.; SANTOS, M. M.; MINASNY, B. On digital soil mapping. **Geoderma**, 117, n. 1-2, p. 3-52, 2003.

MCBRATNEY, Alex. B.; LARK, R. Murray. **Scope of Pedometrics**. [s.l.: s.n.]. DOI: 10.1007/978-3-319-63439-5_1

MEINSHAUSEN, N. Quantile Regression Forests Nicolai. *Journal of Machine Learning Research*, v. 7, set. 2006.

MEINSHAUSEN, N. **Quantregforest: Quantile Regression Forests. R package**. 2017. Disponível em: <<https://cran.r-project.org/package=quantreg-Forest>>. Acesso em: 12 jan. 2022.

MELLO, F. A. O. et al. Soil parent material prediction through satellite multi-spectral analysis on a regional scale at the Western Paulista Plateau, Brazil. **Geoderma Regional**, p. e00412, 2021.

MEHNATKESH, Abdolmohammad et al. Relationships between soil depth and terrain attributes in a semi-arid hilly region in western Iran. **Journal of Mountain Science**, v. 10, n. 1, p. 163-172, 2013.

MENDONÇA-SANTOS, M. L.; SANTOS, H. G. DOS. Chapter 3 The State of the Art of Brazilian Soil Mapping and Prospects for Digital Soil Mapping. **Developments in Soil Science**, v. 31, n. C, p. 39–55, 2006.

MINASNY, Budiman; MCBRATNEY, Alex B. A conditioned Latin hypercube method for sampling in the presence of ancillary information. **Computers & geosciences**, v. 32, n. 9, p. 1378-1388, 2006.

MOURA-BUENO, J. M. *et al.* Predição de classes de solo em uma paisagem complexa no Sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 54, 2019.

MÖLLER, M.; VOLK, M.; FRIEDRICH, K.; LYMBURNER, L. Placing soil-gene-
sis and transport processes into a landscape context: A multiscale terrain-analy-
sis approach. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v. 171, n. 3, p.
419–430, 13 jun. 2008.

MYBURGH, P. A.; VAN ZYL, J. L.; CONRADIE, W. J. Effect of soil depth on
growth and water consumption of young *Vitis vinifera* L. cv. Pinot noir. **South
African Journal of Enology and Viticulture**, v. 17, n. 2, p. 53-62, 1996.

OLAYA, V. A Gentle Introduction to Saga GIS. The SAGA User Group eV, Göt-
tingen, Germany. 2004.

OLAYA, V. Chapter 6 Basic Land-Surface Parameters. *In: Developments in
Soil Science*. [s.l: s.n.]. v. 33p. 141–169.

OLAYA, V.; CONRAD, O. Chapter 12 Geomorphometry in SAGA. *In: Develop-
ments in Soil Science*. [s.l: s.n.]. v. 33p. 293–308.

OMUTO, C.; NACHTERGAELE, F.; ROJAS, R. V. **State of the Art Report on
Global and regional Soil Information: Where are we? Where to go?** Food
and Agriculture Organization of the United Nations Rome, 2013.

PEDRON, F. D. A., AZEVEDO, A. C. D., DALMOLIN, R. S. D., STÜRMER, S.
L. K., & MENEZES, F. P. Morfologia e classificação taxonômica de Neossolos e
saprolitos derivados de rochas vulcânicas da Formação Serra Geral no Rio
Grande no Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 119-128,
2009.

PEDRON, Fabrício de Araújo; FINK, Jessé Rodrigo; DALMOLIN, Ricardo
Simão Diniz; AZEVEDO, Antonio Carlos De. Morfologia dos contatos entre
solo-saprolito-rocha em Neossolos derivados de arenitos da formação Caturrita
no Rio Grande do Sul. **Revista brasileira de Ciência do Solo**, [S. l.], v. 29, n.
2, p. 581–595, 2010.

PEDRON, Fabrício de Araujo; DE AZEVEDO, Antonio Carlos; DALMOLIN, Ri-
cardo Simão Diniz. Alteração mineralógica de Neossolos em uma climo-litosse-
quência no Planalto do Rio Grande do Sul. **Ciencia Rural**, [S. l.], v. 42, n. 3, p.
451–458, 2012. DOI: 10.1590/S0103-84782012000300011.

PEDRON, F. D. A., OLIVEIRA, R. B. D., DALMOLIN, R. S. D., AZEVEDO, A. C.
D., & KILCA, R. V. Limite entre Solo e Saprolito em Argissolos no Sul do Brasil.
Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 39, p. 643-653, 2015.

PEI, T.; QIN, C.-Z.; ZHU, A.-X.; YANG, L.; LUO, M.; LI, B.; ZHOU, C. Mapping
soil organic matter using the topographic wetness index: A comparative study
based on different flow-direction algorithms and kriging methods. **Ecological In-
dicators**, v. 10, n. 3, p. 610–619, maio 2010.

PEJON, O. J.; RODRIGUES, Valéria Guimarães Silvestre. Fase sólida:
composição mineral do solo. **Recurso Solo: Propriedades e Usos**, 2016.

PEUCKER, T. K.; DOUGLAS, D. H. Detection of Surface-Specific Points by Local Parallel Processing of Discrete Terrain Elevation Data. **Computer Graphics and Image Processing**, v. 4, n. 4, p. 375–387, dez. 1975.

PHILIPP, Ruy Paulo; DE CAMPOS, ROBERTO SACKS. Geologia, petrografia e litogeoquímica dos Gnaisses Porto Alegre, RS, Brasil: implicações geotectônicas. **Pesquisas em Geociências**, v. 31, n. 2, p. 79-94, 2004.

Planet Explorer. Disponível em: <<https://www.planet.com/explorer/>>. Acesso em: 14 jan. 2022.

RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S. d.; CORRÊA, G. Pedologia: base para distinção de ambientes. rev. **Lavras: Editora UFLA**, 2007.

RILEY, S. J.; DEGLORIA, S. D.; ELLIOT, R. A Terrain Ruggedness Index that Quantifies Topographic Heterogeneity. **Intermountain Journal of Sciences**, v. 5, n. 1–4, p. 23–27, 1999.

ROSSITER, David G. Past, present & future of information technology in pedometrics. **Geoderma**, [S. l.], v. 324, n. March, p. 131–137, 2018.

ROUDIER, P. cLHS - A R Package for Conditioned Latin Hypercube Sampling. 2014.

SANCHEZ, Pedro A. et al. Digital soil map of the world. **Science**, [S. l.], v. 325, n. 5941, p. 680–681, 2009. DOI: 10.1126/science.1175084.

SANTOS, H. D.; HOCHMÜLLER, D.; CAVALCANTI, A.; RÊGO, R. *et al.* Procedimentos normativos de levantamentos pedológicos. **Rio de Janeiro: Embrapa-CNPQ**, 1995.

SANTOS, J. C. B. et al. Caracterização de Neossolos Regolíticos da região semiárida do estado de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v. 36, p. 683-696, 2012.

SANTOS, R. D. dos; SANTOS, H. G. dos; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C. dos; SHIMIZU, S. H. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 7. ed. Viçosa: SBCS, 2015. 102 p

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P.; ANJOS, L.; DE OLIVEIRA, V. *et al.* **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF: Embrapa, 2018., 2018.

SANTOS, Jean Cheyson Barros et al. Porosity and genesis of clay in gneiss saprolites: The relevance of saprolithology to whole regolith pedology. **Geoderma**, v. 319, p. 1-13, 2018.

SILVA, B. P. C. et al. Mapeamento digital de solo incluindo amostragem de pontos adicionais na bacia hidrográfica piloto de serviços ecossistêmicos Poses, sudeste do Brasil. **Relatórios científicos 9**: 1-12, 2019.

SILVA, S. H. G. et al. Proximal sensor-enhanced soil mapping in complex soil-landscape areas of Brazil. **Pedosphere**, v. 31, n. 4, p. 615-626, 2021.

SOSA, L.; JUSTEL, A.; MOLINA, Í. Detection of Crop Hail Damage with a Machine Learning Algorithm Using Time Series of Remote Sensing Data. **Agronomy**, v. 11, n. 10, p. 2078, 18 out. 2021.

STUMPF, F. et al. Incorporating limited field operability and legacy soil samples in a hypercube sampling design for digital soil mapping. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v. 179, n. 4, p. 499-509, 2016.

STUMPF, F.; SCHMIDT, K.; GOEBES, P.; BEHRENS, T. *et al.* Uncertainty-guided sampling to improve digital soil maps. **Catena**, 153, p. 30-38, 2017.

SULAEMAN, Y. *et al.* Harmonizing legacy soil data for digital soil mapping in Indonesia. **Geoderma**, 192, p. 77-85, 2013.

TEAM, R. Core et al. R: A language and environment for statistical computing. 2013.

TEIXEIRA, Paulo César et al. Manual de métodos de análise de solo. **Brasília: Embrapa**, p. 573, 2017.

TEIXEIRA, W. Decifrando a Terra. Companhia Editora Nacional, São Paulo, Brasil. 2008. 557 p.

TEN CATEN, A. et al. Extrapolação das relações solo-paisagem a partir de uma área de referência. **Embrapa Solos-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2011.

TSAI, Chen-chi et al. Prediction of soil depth using a soil-landscape regression model: a case study on forest soils in southern Taiwan. **PROCEEDINGS-NATIONAL SCIENCE COUNCIL REPUBLIC OF CHINA PART B LIFE SCIENCES**, v. 25, n. 1, p. 34-39, 2001.

Vaudour, E.; Gomez, C.; Fouad, Y.; Lagacherie, P. Sentinel-2 Image Capacities to Predict Common Topsoil Properties of Temperate and Mediterranean Agroecosystems. **Remote Sens. Environ.** 2019, 223, 21–33

VAYSSE, K.; LAGACHERIE, P. Using quantile regression forest to estimate uncertainty of digital soil mapping products. **Geoderma**, v. 291, p. 55–64, 2017.

WALD, J. A.; GRAHAM, R. C.; SCHOENEBERGER, P. J. Distribution and properties of soft weathered bedrock at ≤ 1 m depth in the contiguous United States. **Earth Surface Processes and Landforms**, v. 38, n. 6, p. 614-626, 2013.

WANG, D.; LAFFAN, S. W.; LIU, Y.; WU, L. Morphometric characterisation of landform from DEMs. **International Journal of Geographical Information Science**, v. 24, n. 2, p. 305–326, fev. 2010.

WEBSTER, S.; SCHEIBNER, E. Introduction to the magnetic properties of New England granitoids. **Exploration Geophysics**, 15, n. 2, p. 67-73, 1984.

WIESE, L. et al. An approach to soil carbon accounting and mapping using vertical distribution functions for known soil types. **Geoderma**, v. 263, p. 264-273, 2016.

WILFORD, J.; THOMAS, M. Predicting regolith thickness in the complex weathering setting of the central Mt Lofty Ranges, South Australia. **Geoderma**, v. 206, p. 1-13, 2013.

YANG, Qiyong et al. Relationship between soil depth and terrain attributes in karst region in Southwest China. **Journal of soils and sediments**, v. 14, n. 9, p. 1568-1576, 2014.

Apêndice

Descrição morfológica dos perfis

PROJETO: Dissertação Lucas da Silva Barbosa

PERFIL- N° - 01

DATA – 03/12/2020

CLASSIFICAÇÃO – NEOSSOLO
LITÓLICO Distrófico fragmentário A moderado, textura franco-arenosa fase relevo ondulado substrato granito.

WRB: Dystric Leptosol

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS – Pelotas, Rio Grande do Sul, 31°33'55.09"S e 52°28'50.08"O.

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA SOBRE O PERFIL - Descrito e coletado em trincheira aberta no campo, declive ondulado e campo sujo

ELEVAÇÃO – 177 metros

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Suíte Pinheiro Machado

CRONOLOGIA - Suíte Pinheiro Machado, Éon Proterozóico, Era Neoproterozóico e Período Ediacariano

MATERIAL ORIGINÁRIO – Granitóide

PEDREGOSIDADE- Ligeiramente pedregoso

ROCHOSIDADE – Ligeiramente rochoso

RELEVO LOCAL - Ondulado

RELEVO REGIONAL- Ondulado

EROSÃO – Não aparente

DRENAGEM – Bem drenado

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Floresta subcaducifólia

USO ATUAL – Campo Sujo

DESCRITO E COLETADO POR – Jeferson Diego Leidemer, Lucas da Silva Barbosa, Pablo Miguel e Stefan Domingues Nachtigall.



DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA – Perfil 01

A	0-10/7 cm; bruno-escuro (7,5YR 3,5/2, úmida) e bruno (7,5YR 5/2, seca); franco-arenosa; blocos subangulares pequena moderada a fraca e granular pequena moderada a fraca; ligeiramente dura, muito friável, plástica e ligeiramente pegajosa; transição clara e ondulada.
Cr1	10/7 – 22 cm; cinzento-avermelhado (5YR 4/2, úmida) e bruno-acinzentado muito escuro (10YR 3/2, seca). franco-arenosa; Saprolito: (5YR 8/4, úmida) e (7,5YR 8,5/2 e 10YR 9/1, seca); estrutura do saprolito blocos subangulares pequena a média forte; transição ondulada e clara.
Cr2	22 – 43/33 cm; bruno-acinzentado muito escuro (10YR 3/2, úmida) e bruno-acinzentado muito escuro (10YR 3/2, seca). franco-arenosa; Saprolito: (7,5 YR 3/2 e 7,5YR 7/4) e (10YR 6,5/4); estrutura do saprolito blocos subangulares pequena a média forte; transição ondulada e clara;
R	43/33 – 49+ cm;

OBSERVAÇÕES: O saprolito apresenta alta porosidade e é facilmente quebrável com a mão. No horizonte Cr encontramos fraturamentos, verticais e horizontais, que variam de 0,5 a 1 cm, preenchidos com inclusões de material dos horizontes superiores do perfil, possivelmente do horizonte A, material este de coloração escura e rico em matéria orgânica.

CARACTERIZAÇÃO ANALÍTICA – Perfil 1

Horizonte		Amostra seca ao ar (%)		
Símbolo	Profundidade (cm)	Calhaus >20mm	Cascalho 20-2mm	Terra fina <2mm
A	0-10/7	0	37	63
Cr1	10/7 – 22	39	41	20
Cr2	22 – 43/33	22	59	19

Horizonte		Composição Granulométrica g.kg ⁻¹				Argila Dispersag .kg ⁻¹	Grau de Flocculação %	Silte/ Argila
Símbolo	Prof. (cm)	Areia grossa	Areia Fina	Silte	Argila			
A	0-10/7	253	400	270	77	27,5	64,3	3,5
Cr1	10/7-22	243	348	285	125	57,3	53,7	2,3
Cr2	22-43/33	218	320	303	158	82,8	82,8	1,9

Horizonte	pH (1:2,5)		Complexo sortivo (cmol.c.kg ⁻¹)							
	Água	KCl	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	S	Al	H + Al	CTC pH 7
A	5,49	4,37	3,81	1,58	0,42	0,09	5,81	0,37	7,15	12,95
Cr1	5,41	4,06	1,62	0,55	0,22	0,06	2,38	1,31	6,65	9,03
Cr2	5,56	4,18	2,27	0,69	0,12	0,10	3,08	1,51	6,88	9,96

Horizonte	V (%)	Al (%)	P (mg.kg ⁻¹)	C Org. g.kg ⁻¹
A	44,8	6,0	7,4	23,3
Cr1	26,4	35,5	3,4	9,9
Cr2	30,9	32,8	2,8	10,1

DESCRIÇÃO DE PERFIL – Perfil 02

PROJETO: Dissertação Lucas da Silva
Barbosa

PERFIL N° - 02

DATA – 09/12/2020

CLASSIFICAÇÃO – NEOSSOLO LITÓLICO

Chernossólico fragmentário A chernozêmico,
textura franco-arenosa fase relevo ondulado
substrato granito.



WRB: Mollic Leptosol

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E

COORDENADAS – Pelotas, Rio Grande do
Sul, 31°33'56.62"S e 52°28'44.92"O.

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA SOBRE O PERFIL - Descrito e coletado
em trincheira aberta no campo, declive ondulado e uso atual lavoura.

ELEVAÇÃO – 112 metros

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Suíte Pinheiro Machado

CRONOLOGIA - Suíte Pinheiro Machado, Éon Proterozóico, Era Neoproterozóico e
Período Ediacariano

MATERIAL ORIGINÁRIO – Granitóide

PEDREGOSIDADE- Ligeiramente pedregoso

ROCHOSIDADE – Ligeiramente rochoso

RELEVO LOCAL - Ondulado

RELEVOREGIONAL - Ondulado

EROSÃO – Não aparente

DRENAGEM – Bem drenado

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Floresta subcaducifólia

USO ATUAL – Lavoura/resteva azevem

DESCRITO E COLETADO POR – Jeferson Diego Leidemer, Lucas da Silva
Barbosa, Pablo Miguel e Stefan Domingues Nachtigall.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA – Perfil 02

Ap	0-7 cm; cinzento muito escuro (5YR 3/1, úmida) e bruno (7,5YR 4/2, seca); franco-arenosa; blocos subangulares média moderada e granular pequena moderada; ligeiramente dura, friável; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição ondulada e clara.
A2	7-20/26 cm; bruno-avermelhado-escuro (5YR 3/2, úmida) e bruno (7,5YR 4/2, seca); franco-argiloarenosa; blocos angulares e subangulares média moderada e granular pequena a moderada; ligeiramente dura, friável; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e clara.
Cr	20/26-30/40 cm; bruno muito claro-acinzentado (2,5 Y/1, cor úmida) e bruno-forte (7,5YR 5/6, seca); argila; estrutura do saprolito blocos subangulares pequena a média forte; transição ondulada e abrupta;
R	40/30-45+ cm

OBSERVAÇÕES: Não foi possível identificar o fraturamento, inclusões do horizonte A ou material mais escuro no Cr. Também não é possível identificar as fraturas no material de origem, mesmo quando escavado até 60 cm, no entanto, identifica-se que os horizontes saprolíticos apresentam aumento no conteúdo de argila.

CARACTERIZAÇÃO ANALÍTICA – Perfil 2

Horizonte		Amostra seca ao ar (%)		
Símbolo	Profundidade(cm)	Calhaus >20mm	Cascalho 20-2mm	Terra fina <2mm
Ap	0-7	0	27	73
A2	7-20/26	0	36	64
Cr	20/26-30/40	6	75	19

Horizonte		Composição Granulométrica g.kg ⁻¹				Argila Dispersa g.kg ⁻¹	Grau de Floculação%	Silte/Argila
Símbolo	Prof. (cm)	Areia grossa	Areia Fina	Silte	Argila			
Ap	0-7	302	263	311	124	43,9	64,6	2,5
A2	7-20/26	275	398	130	197	107,6	45,5	0,7
Cr	20/26-30/40	217	217	206	427	58,4	74,8	0,5

Horizonte	pH (1:2,5)		Complexo sortivo (cmol _c .kg ⁻¹)							
	Água	KCl	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	S	Al	H + Al	CTC pH 7
Ap	6,28	5,28	6,29	3,33	0,29	0,10	9,92	0,05	4,15	14,06
A2	6,01	4,64	3,43	1,81	0,10	0,09	5,35	0,11	3,72	9,06
Cr	5,79	3,99	5,42	3,33	0,12	0,18	8,87	1,90	5,42	14,29

Horizonte	V (%)	Al (%)	P (mg.kg ⁻¹)	C Org. g.kg ⁻¹
Ap	70,5	0,5	10,5	22,7
A2	59,0	2,1	2,9	8,7
Cr	62,1	17,6	2,4	6,8

DESCRIÇÃO DE PERFIL**PROJETO** - Dissertação Lucas da Silva Barbosa

PERFIL N° - 03

DATA – 23/04/2021**CLASSIFICAÇÃO** – NEOSSOLO

REGOLÍTICO Eutrófico leptofragmentário A proeminente, textura franco-arenosa fase relevo forte ondulado substrato granito.

WRB: Leptic Regosol

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS – Pelotas, Rio Grande do Sul, 31°34'1.32"S e 52°28'43.91"O.**SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA****SOBRE O PERFIL** - Descrito e coletado em corte de estrada, declive forte ondulado e uso atual lavoura.**ELEVAÇÃO** – 101 metros**FORMAÇÃO GEOLÓGICA** – Suíte Pinheiro Machado**CRONOLOGIA** - Suíte Pinheiro Machado, Éon Proterozóico, Era Neoproterozóico e Período Ediacariano**MATERIAL ORIGINÁRIO** – Granitóide**PEDREGOSIDADE** - Moderadamente pedregoso**ROCHOSIDADE** – Ligeiramente rochoso**RELEVO LOCAL** – Forte ondulado**RELEVO REGIONAL** - Forte Ondulado**EROSÃO** – Não aparente**DRENAGEM** – Bem drenado**VEGETAÇÃO PRIMÁRIA** – Floresta subcaducifólia**USO ATUAL** – Lavoura/pomar de pêssgo**DESCRITO E COLETADO POR** – Jeferson Diego Leidemer, Lucas da Silva Barbosa, Maria Bertaso de Garcia Fernandez e Pablo Miguel.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA – Perfil 03

A1	0-20 cm; cinzento muito escuro (5YR 3/1, úmida) e cinzento-avermelhado-escuro (5YR 4/2, seca); franco-arenosa cascalhenta; blocos subangulares médios a grandes moderada e granular média moderada; ligeiramente dura, friável a muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e gradual.
A2	20-35/45 cm; cinzento muito escuro (5YR 3/1, úmida) e cinzento-avermelhado-escuro (5YR 4/2, seca); franco-arenosa cascalhenta; blocos subangulares grandes a muito grandes moderada e granular média moderada; ligeiramente dura, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição ondulada e abrupta.
Cr1	35/45 - 50/58 cm; bruno (7,5YR 4/3, úmida) e bruno-avermelhado (5YR 5/4, seca); franco-arenosa; estrutura do saprolito blocos subangulares pequena a média forte; transição ondulada e abrupta.
Cr2	50/58 – 73/83 cm; bruno (7,5YR 4/4, úmida) e mosqueado amarelo-avermelhado (7,5YR 7/8, úmida) e avermelhado-amarelado (5YR 5/6, seca); franco-argilosa; estrutura do saprolito blocos subangulares pequena a média forte; transição descontínua e abrupta.
CR	73/83 – 97 + cm.

OBSERVAÇÕES: Raízes são comuns nos horizontes A1 e A2, com predomínio de raízes finas, mas também ocorrem raízes de maior diâmetro. Onde o Horizonte Cr1 adentra o Horizonte CR encontra-se a presença de raízes. Horizonte A1 e A2 apresentam intensa atividade biológica, principalmente de cupins e formigas. Nos horizontes Cr1 e Cr2 identifica-se de forma nítida o fraturamento do saprolito e preenchimento das fraturas com material possivelmente advindo dos horizontes superficiais e/ou resultado do intemperismo in loco.

CARACTERIZAÇÃO ANALÍTICA – Perfil 3

Horizonte		Amostra seca ao ar (%)		
Símbolo	Profundidade (cm)	Calhaus >20mm	Cascalho 20-2mm	Terra fina <2mm
A1	0-20	1	43	56
A2	20-35/45	0	44	56
Cr1	35/45 - 50/58	14	47	38
Cr2	50/58 – 73/83	0	64	36

Horizonte		Composição Granulométrica g.kg ⁻¹				Argila Dispersa g.kg ⁻¹	Grau de Floculação%	Silte/ Argila
Símbolo	Prof. (cm)	Areia grossa	Areia Fina	Silte	Argila			
A1	0-20	375	231	263	130	61,5	55,3	2,0
A2	20-35/45	408	239	227	127	84,3	53,9	1,8
Cr1	35/45 - 50/58	501	152	227	121	84,5	51,7	1,9
Cr2	50/58 – 73/83	357	78	166	398	14,1	85,4	0,4

Horizonte	pH (1:2,5)		Complexo sortivo (cmol _c .kg ⁻¹)							
	Água	KCl	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	S	Al	H + Al	CTC pH 7
A1	5,57	4,34	4,65	1,51	0,13	0,11	6,40	0,94	6,28	12,68
A2	5,78	4,41	3,94	0,99	0,32	0,16	5,41	0,78	5,38	10,79
Cr1	5,87	4,29	2,69	0,98	0,05	0,14	3,86	1,17	3,92	7,78
Cr2	5,82	4,20	4,86	2,34	0,08	0,17	7,45	1,65	5,08	12,53

Horizonte	V (%)	Al (%)	P (mg.kg ⁻¹)	C Org. g.kg ⁻¹
A1	50,5	13,0	19,5	15,8
A2	50,1	12,9	12,0	12,5
Cr1	49,6	23,8	2,4	5,7
Cr2	59,5	18,5	2,6	5,0

PROJETO: Dissertação Lucas da Silva Barbosa

PERFIL N° - 04

DATA – 30/04/2021

CLASSIFICAÇÃO – NEOSSOLO REGOLÍTICO

Distrófico leptofragmentário A moderado, textura franco-arenosa fase relevo ondulado substrato granito.

WRB: Leptic Regosol

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E

COORDENADAS – Barranco da estrada, Pelotas, Rio Grande do Sul, 31°34'1.83"S e 52°28'41.98"O.

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA SOBRE

O PERFIL- Descrito e coletado em corte na estrada, declive ondulado e uso atual lavoura.

ELEVAÇÃO – 94 metros

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Suíte Pinheiro

Machado

CRONOLOGIA - Suíte Pinheiro Machado, Éon Proterozóico, Era Neoproterozóico e Período Ediacariano

MATERIAL ORIGINÁRIO – Granitóide

PEDREGOSIDADE- Não pedregoso

ROCHOSIDADE – Ligeiramente rochoso

RELEVO LOCAL - Ondulado

RELEVO REGIONAL- Ondulado

EROSÃO – Não aparente

DRENAGEM – Bem drenado

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Floresta subcaducifólia

USO ATUAL – Lavoura/Pomar de pêsego

DESCRITO E COLETADO POR – Jeferson Diego Leidemer, Lucas da Silva Barbosa e Pablo Miguel.



DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A1	0-20 cm; bruno-amarelado-escuro (5YR 3/2, úmida) e bruno (7,5YR 4/2, seca); franco-arenosa; blocos angulares e subangulares pequena a média fraca; ligeiramente dura, friável a muito friável ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e gradual.
A2	20-33/48 cm; bruno-avermelhado-escuro (5YR 3/2, úmida) e bruno (7,5YR 4/2, seca); franco-arenosa; blocos angulares e subangulares pequena a média fraca; ligeiramente dura, muito friável; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição ondulada e clara.
AC	33/48-45/52 cm; bruno-avermelhado-escuro (5 YR 3/2, úmida) e bruno-escuro (7,5YR 3/2, seca); franco-argiloarenosa; blocos angulares e subangulares pequena a média fraca; ligeiramente dura, muito friável ligeiramente plástica a plástica e ligeiramente pegajosa a pegajosa; transição ondulada e clara.
Cr	45/52-75/94 cm; bruno-escuro (7,5YR 3/4, úmida) e bruno-avermelhado (5YR 5/4, seca) e mosqueado bruno-forte (7,5YR 5/8, úmida); argila; estrutura do saprolito blocos subangulares pequena a média forte; transição descontínua e abrupta.
R/Cr	75/94-94+ cm.

OBSERVAÇÕES: Raízes são muitas nos horizontes A1, A2 e AC, com a presença de raízes finas, mas também com diâmetro de 0,5 a 1 cm de diâmetro. No horizonte Cr as raízes são comuns até os 90 cm de profundidade, onde o Cr adentra o R. Intensa atividade biológica presente nos horizontes superficiais, principalmente cupins e formigas. Não é possível descrever o fraturamento, mas sim visualizar material mais argiloso nos horizontes saprolíticos.

CARACTERIZAÇÃO ANALÍTICA – Perfil 4

Horizonte		Amostra seca ao ar (%)		
Símbolo	Profundidade (cm)	Calhaus >20mm	Cascalho 20-2mm	Terra fina <2mm
A1	0-20	0	20	80
A2	20-33/48	0	6	94
AC	33/48-45/52	1	41	58
Cr	45/52-75/94	0	56	44

Horizonte		Composição Granulométrica g.kg ⁻¹				Argila Dispersa g.kg ⁻¹	Grau de Floculação %	Silte/Argila
Símbolo	Prof. (cm)	Areia grossa	Areia Fina	Silte	Argila			
A1	0-20	384	227	252	137	47,8	57,3	1,9
A2	20-33/48	365	232	249	154	93,1	62,1	1,6
AC	33/48-45/52	334	214	242	211	129,1	72,3	1,2
Cr	45/52-75/94	273	117	169	440	46,3	86,7	0,4

Horizonte	pH (1:2,5)		Complexo sortivo (cmol.kg ⁻¹)							
	Água	KCl	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	S	Al	H + Al	CTC pH 7
A1	5,54	4,60	2,89	1,31	0,15	0,07	4,35	0,65	6,45	10,80
A2	5,80	4,62	2,87	1,18	0,10	0,07	4,15	0,42	5,15	9,30
AC	5,88	4,55	3,29	1,67	0,07	0,09	5,02	0,71	5,35	10,37
Cr	5,82	4,50	6,05	3,32	0,08	0,15	9,45	1,04	5,28	14,73

Horizonte	V (%)	Al (%)	P (mg.kg ⁻¹)	C Org. g.kg ⁻¹
A1	40,3	13,0	5,9	15,7
A2	44,7	9,2	3,0	10,8
AC	48,4	12,4	3,1	9,7
Cr	64,2	9,9	2,1	10,6

DESCRIÇÃO DE PERFIL**PROJETO:** Dissertação Lucas da Silva Barbosa

PERFIL N° - 05

DATA – 07/05/2021**CLASSIFICAÇÃO** – NEOSSOLO REGOLÍTICO

Distrófico leptofragmentário A moderado, textura franco-arenosa fase relevo ondulado substrato granito.

WRB: Leptic Regosols**LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E****COORDENADAS** – Pelotas, Rio Grande do Sul,

31°34'3.20"S e 52°28'40.25"O. S31 34 3.20 W52 28 40.25

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA**SOBRE O PERFIL-** Descrito e coletado em corte na estrada, declive ondulado e uso atual lavoura.**ELEVAÇÃO** – 87 metros**FORMAÇÃO GEOLÓGICA** – Suíte Pinheiro Machado**CRONOLOGIA** - Suíte Pinheiro Machado, Éon Proterozóico, Era Neoproterozóico e Período Ediacariano**MATERIAL ORIGINÁRIO** – Granitóide**PEDREGOSIDADE-** Ligeiramente pedregoso**ROCHOSIDADE** – Ligeiramente rochoso**RELEVO LOCAL** - Ondulado**RELEVO REGIONAL-** Ondulado**EROSÃO** – Não aparente**DRENAGEM** – Bem drenado**VEGETAÇÃO PRIMÁRIA** – Floresta subcaducifólia**USO ATUAL** – Lavoura/pomar de pêssgo**DESCRITO E COLETADO POR** – Jeferson Diego Leidemer, Lucas da Silva Barbosa, Maria Bertaso de Garcia Fernandez e Pablo Miguel.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A	0-23 cm; bruno-avermelhado-escuro (5YR 3/2, úmida) e bruno (7,5YR 4/3, seca); franco-arenosa; blocos subangulares muito pequena fraca e granular pequena e muito pequena fraca; ligeiramente dura, muito friável não plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e gradual.
AC	23-45/54 cm; bruno-avermelhado-escuro (5YR 3/2, úmida) e bruno (7,5YR 4/4, seca); franco-arenosa cascalhenta; blocos subangulares muito pequena fraca e granular muito pequena fraca; ligeiramente dura, firme, não plástica e ligeiramente pegajosa; transição ondulada e clara.
Cr1	45/54 -67 cm; bruno-avermelhado-escuro (5 YR 3/3, úmida) e bruno (7,5YR 4/3, seca); franco-arenosa; estrutura do saprolito blocos angulares e subangulares pequena a média forte; transição plana e clara.
R/Cr2	67-70/97+ cm; vermelho-escuro (2,5 YR 3/6, úmida) e vermelho (2,5YR 4/6, seca); franco-argilosa; estrutura do saprolito blocos angulares e subangulares média a grande forte; transição descontínua e clara.
R	70/97+ cm.

OBSERVAÇÕES: As raízes muitas nos horizontes A e AC, e comuns nos horizontes Cr1 e R/Cr2. É possível visualizar fraturamentos no Cr1 ou R/Cr2, no entanto, observam-se inclusões argilosas de diferentes colorações em Cr1 e R/Cr2.

CARACTERIZAÇÃO ANALÍTICA – Perfil 5

Horizonte		Amostra seca ao ar (%)		
Símbolo	Profundidade (cm)	Calhaus >20mm	Cascalho 20-2mm	Terra fina <2mm
A	0-23	1	21	78
A/C	23-45/54	0	39	61
Cr1	45/54 -67	0	49	51
R/Cr2	67-70/97	0	35	65

Horizonte		Composição Granulométrica g.kg ⁻¹				Argila Dispersa g.kg ⁻¹	Grau de Floculação %	Silte/ Argila
Símbolo	Prof. (cm)	Areia grossa	Areia Fina	Silte	Argila			
A	0-23	403	267	220	110	48,8	46,8	2,0
A/C	23-45/54	481	228	177	114	73,4	48,6	1,6
Cr1	45/54 -67	454	189	241	116	89,3	49,8	2,1
R/Cr2	67-70/97	319	85	197	399	6,6	85,4	0,5

Horizonte	pH (1:2,5)		Complexo sortivo (cmol _c .kg ⁻¹)							
	Água	KCl	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	S	Al	H + Al	CTC pH 7
A	5,61	4,51	1,86	1,03	0,15	0,05	3,04	0,78	4,85	7,88
A/C	5,67	4,44	1,48	0,66	0,10	0,04	2,24	0,87	4,55	6,79
Cr1	5,77	4,40	1,63	0,71	0,18	0,04	2,52	1,49	3,58	6,10
R/Cr2	5,56	4,43	2,22	2,18	0,09	0,09	4,49	3,24	5,75	10,24

Horizonte	V (%)	Al (%)	P (mg.kg ⁻¹)	C Org. g.kg ⁻¹
A	38,5	20,4	10,2	11,6
A/C	33,0	28,1	4,3	9,3
Cr1	41,3	37,2	2,2	4,8
R/Cr2	43,9	41,9	2,0	2,9

DESCRIÇÃO DE PERFIL**PROJETO:** Lucas da Silva Barbosa

PERFIL N° - 06

DATA – 24/05/2021**CLASSIFICAÇÃO** – NEOSSOLO LITÓLICO

Chernossólico fragmentário A moderado, textura franco-arenosa fase relevo ondulado substrato granito.

WRB: Mollic Leptosol**LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS** – Pelotas, Rio Grande do Sul, 31°33'56.74"S e 52°28'48.23"O.**SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA****SOBRE O PERFIL-** Descrito e coletado em trincheira aberta no campo, declive ondulado e uso atual lavoura.**ELEVAÇÃO** – 116 metros**FORMAÇÃO GEOLÓGICA** – Suíte Pinheiro Machado**CRONOLOGIA** - Suíte Pinheiro Machado, Éon Proterozóico, Era Neoproterozóico e Período Ediacariano**MATERIAL ORIGINÁRIO** – Granitóide**PEDREGOSIDADE-** Ligeiramente pedregoso**ROCHOSIDADE** – Ligeiramente rochoso**RELEVO LOCAL** – Ondulado**RELEVO REGIONAL** - Ondulado**EROSÃO** – Não aparente**DRENAGEM** – Bem drenado**VEGETAÇÃO PRIMÁRIA** – Floresta subcaducifólia**USO ATUAL** – Lavoura/pomar de pêssego**DESCRITO E COLETADO POR** – Lucas da Silva Barbosa, Pablo Miguel e Stefan Domingues Nachtigall.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A	0-20/22 cm; cinzento muito escuro (10YR 3/1, úmida) e bruno-escuro (7,5YR 3/2 seca); franco-arenosa pouco cascalhenta; blocos angulares e subangulares média a grande/muitogrande moderada; ligeiramente dura, friável plástica e ligeiramente pegajosa; transição ondulada e clara.
Cr/A	20/22-35/50 cm; preto (10YR 2/1, úmida) e mosqueado bruno amarelado (10YR 5/6, úmida) e cinzento muito escuro (5YR 3/1, seca); franco-arenosa; blocos angulares e subangulares média a grande/muito grande moderada e granular muito pequena forte; ligeiramente dura, friável, plástica e ligeiramente pegajosa; transição ondulada e clara.
RCr	35/50-58+ cm.

OBSERVAÇÕES: Raízes são comuns no horizonte A, poucas no Cr/A e raras no RCr. Fraturas em RCr são horizontais, preenchidas com material escuro e aparentemente mais argiloso de cor 10YR 2/2 e variam de 1 a 2 cm.

CARACTERIZAÇÃO ANALÍTICA – Perfil 6

Horizonte		Amostra seca ao ar (%)		
Símbolo	Profundidade (cm)	Calhaus >20mm	Cascalho 20-2mm	Terra fina <2mm
A	0-20/22	0	41	59
Cr/A	20/22-35/50	5	75	20

Horizonte		Composição Granulométrica g.kg ⁻¹				Argila Dispersa g.kg ⁻¹	Grau de Floculação %	Silte/Argila
Símbolo	Prof. (cm)	Areia grossa	Areia Fina	Silte	Argila			
A	0-20/22	326	239	278	158	72,4	63,0	1,8
Cr/A	20/22-35/50	345	231	230	194	118,5	69,9	1,2

Horizonte	pH (1:2,5)		Complexo sortivo (cmol.c.kg ⁻¹)							
	Água	KCl	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	S	Al	H + Al	CTC pH 7
A	6,09	4,96	6,95	3,24	0,30	0,07	10,56	0,16	5,52	16,08
Cr/A	6,16	4,63	5,55	2,32	0,39	0,09	8,35	0,87	7,15	15,50

Horizonte	V (%)	Al (%)	P (mg.kg ⁻¹)	C Org. g.kg ⁻¹
A	65,7	1,5	3,9	21,1
Cr/A	53,9	9,6	11,3	14,6

DESCRIÇÃO DE PERFIL

Projeto: Dissertação Lucas da Silva Barbosa

PERFIL N° - 07

DATA – 31/05/21

CLASSIFICAÇÃO – NEOSSOLO LITÓLICO

Distrófico fragmentário A proeminente, textura franco-arenosa fase relevo ondulado substrato granito.

WRB: Umbric Leptosol

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS – Pelotas, Rio Grande do Sul, 31°33'56.88"S e 52°28'49.75"O.

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA

SOBRE O PERFIL - Descrito e coletado em trincheira aberta no campo, declive ondulado e uso atual lavoura.

ELEVAÇÃO – 120 metros

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Suíte Pinheiro Machado

CRONOLOGIA - Suíte Pinheiro Machado, Éon Proterozóico, Era Neoproterozóico e Período Ediacariano

MATERIAL ORIGINÁRIO – Granitóide

PEDREGOSIDADE- Ligeiramente pedregoso

ROCHOSIDADE – Ligeiramente rochoso

RELEVO LOCAL - Ondulado

RELEVO REGIONAL - Ondulado

EROSÃO – Não aparente

DRENAGEM – Bem drenado

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Floresta subcaducifólia

USO ATUAL – Pomar de Pêssego

DESCRITO E COLETADO POR– Adão Pagani Junior, Lucas da Silva Barbosa, Maria Bertaso de Garcia Fernandez e Stefan Domingues Nachtigall.



DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A	0-23/28 cm; bruno muito escuro (7,5YR 2,5/2, úmida) e bruno-escuro (7,5YR 3/2, seca); franco-arenosa; blocos angulares e subangulares média a grande/muito grande moderada e granular pequena moderada; ligeiramente dura, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição ondulada e abrupta.
Cr	23/28-46/44 cm; cinzento muito escuro (7,5YR 3/1, úmida) e cinzento muito escuro (7,5YR 3/1, seca) e mosqueado bruno-forte (7,5YR 5/8, úmida); franco-arenosa; estrutura do saprolito blocos angulares e subangulares média forte; transição plana e clara.
CR	46/44+ cm.

OBSERVAÇÕES: No horizonte A as raízes são finas e muitas, enquanto no Cr são finas, muito finas e comuns. Sem a presença de atividade biológica. Fraturas em Cr apresentam-se preenchidas por material escuro proveniente do horizonte A e com sentidos verticais, horizontais e diagonais.

CARACTERIZAÇÃO ANALÍTICA – Perfil 07

Horizonte		Amostra seca ao ar (%)		
Símbolo	Profundidade (cm)	Calhaus >20mm	Cascalho 20-2mm	Terra fina <2mm
A	0-23/28	0	33	67
Cr	23/28-46/44	4	76	20

Horizonte		Composição Granulométrica g.kg-1			Argila Dispersa g.kg-1	Grau de Floculação %	Silte/ Argila
Símbolo	Prof. (cm)	Areia Total	Silte	Argila			
A	0-23/28	607	263	130	62	55,3	2,0
Cr	23/28-46/44	646	227	127	84	53,9	1,8

Horizonte	pH (1:2,5)		Complexo sortivo (cmol _c .kg ⁻¹)							
	Água	KCl	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	S	Al	H + Al	CTC pH 7
A	5,57	4,30	5,03	1,50	0,18	0,08	6,79	1,26	9,95	16,74
Cr	5,78	4,38	2,97	1,12	0,12	0,11	4,32	2,20	8,75	13,07

Horizonte	V (%)	Al (%)	P (mg.kg-1)	C Org. g.kg-1
A	40,6	15,9	7,5	20,0
Cr	33,1	34,3	4,0	14,5

DESCRIÇÃO DE PERFIL

Projeto: Dissertação Adão Pagani Junior

PERFIL N° - 08

DATA – 19/01/2022

CLASSIFICAÇÃO – NEOSSOLO REGOLÍTICO

Distrófico típico A moderado, textura franco-arenosa, relevo ondulado, substrato granito.

WRB: Leptic Regosol

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E

COORDENADAS – Pelotas, Rio Grande do Sul, 359405,14m e 6506500,19m.



SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA SOBRE O PERFIL- Descrito e coletado em trincheira aberta na mata logo acima da casa da propriedade.

ELEVAÇÃO – 67 metros

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Suíte Pinheiro Machado

CRONOLOGIA - Suíte Pinheiro Machado, Éon Proterozóico, Era Neoproterozóico e Período Ediacariano

MATERIAL ORIGINÁRIO – Granito

PEDREGOSIDADE- Não pedregoso

ROCHOSIDADE – Ligeiramente rochoso

RELEVO LOCAL - Ondulado

RELEVO REGIONAL- Ondulado a forte ondulado

EROSÃO – Não aparente

DRENAGEM – Bem drenado

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Floresta subperenifólia

USO ATUAL – Mata nativa

DESCRITO E COLETADO POR – Luiz Fernando Spinelli Pinto e Pablo Miguel.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA – Perfil 08

A1	0-20 cm; cor úmida (10YR 3/2, úmida) e cor seca (7,5YR 4/2, seca); franco-arenosa; blocos subangulares, pequena, fraca; ligeiramente dura; friável, plástica, ligeiramente pegajosa; clara e plana; raízes grossas e comuns.
A2	20-37 cm; cor úmida (10YR 3/1, úmida) e cor seca (10YR 3/2, seca); franco-arenosa; blocos subangulares, pequena, fraca a moderada; ligeiramente dura; friável, plástica, ligeiramente pegajosa a pegajosa; clara e plana; raízes poucas e grossas.
AC	37-50/58 cm; cor úmida (10YR 3/2, úmida) e cor seca (10YR 4,5/2, seca); franco-arenosa, cascalhenta; dura; friável, ligeiramente plástica, ligeiramente pegajosa; clara e ondulada; raízes finas e poucas.
CA/C/CR	50/58-75/80 cm; cor úmida (7,5YR 5/8, úmida), cor seca (10YR 6/3, seca) e mosqueados variando entre (7,5YR 5/3; 10YR 5/6; 7,5YR 4/2, úmida); franco-arenosa, muito cascalhenta; clara e ondulada.
C/CR	75/80-110+ cm; cor úmida (7,5YR 4/4, úmida), cor seca (10YR 6/4, seca) e mosqueados variando entre (7,5YR 3/4, úmida).

Obs: No horizonte AC o cascalho é areia grossa. Linha de pedra descontínua entre horizonte AC e horizonte CA/C/CR. Presença de raízes grossas e comuns no horizonte A1, poucas e grossas no horizonte A2 e finas e poucas no horizonte AC.

CARACTERIZAÇÃO ANALÍTICA – Perfil 08

Horizonte		Amostra seca ao ar (%)		
Símbolo	Profundidade (cm)	Calhaus >20mm	Cascalho 20-2mm	Terra fina <2mm
A1	0-20	1	20	79
A2	20-37	1	18	81
AC	37-50/58	0	25	75
CA/C/CR	50/58-75/80	1	58	41
C/CR	75/80-110+	0	60	40

Horizonte	Composição Granulométrica g.kg ⁻¹							Silte/Argila
	Areia m. grossa	Areia grossa	Areia média	Areia fina	Areia m. fina	Silte	Argila	
A1	74,87	120,35	151,03	132,23	54,58	286,25	196,89	1,71
A2	33,11	113,15	155,92	145,84	49,84	257,83	189,34	1,73
AC	124,90	145,62	140,07	137,55	78,02	228,01	135,71	1,68
CA/C/CR	110,59	156,25	111,72	99,88	67,23	289,84	163,99	1,77
C/CR	-	-	-	-	-	-	-	-

Horizonte	pH (1:2,5)		Complexo sortivo (cmolc.kg ⁻¹)							
	Água	KCl	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	S	Al	H + Al	CTC pH 7
A1	5,53	4,72	3,41	0,75	0,15	0,11	4,42	0,40	8,7	13,12
A2	5,60	4,09	1,73	0,50	0,06	0,12	2,41	0,36	10,7	13,11
AC	5,97	4,02	1,28	0,26	0,05	0,14	1,73	0,27	7,3	9,03

CA/C/CR	6,10	4,09	2,00	0,35	0,05	0,12	2,52	0,13	5,5	8,02
C/CR	-	-	-	-	-	-		-	-	-

Horizonte	V (%)	Al (%)	P Assimilável (mg.kg ⁻¹)	Carbono Orgânico g.kg ⁻¹
A1	33,69	10,20	1,31	17,76
A2	18,38	13,00	0,71	12,03
AC	19,16	13,50	0,27	6,02
CA/C/CR	31,42	4,91	0,05	2,08
C/CR	-	-	-	-

DESCRIÇÃO DE PERFIL**Projeto:** Dissertação Adão Pagani Junior**PERFIL N° - 09****DATA – 15/02/2022****CLASSIFICAÇÃO – NEOSSOLO REGOLÍTICO**

Distrófico leptofragmentário A moderado, textura franco arenosa, relevo forte ondulado, substrato granito

WRB: Leptic Regosol

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E**COORDENADAS –** Pelotas, Rio Grande do Sul, 359208,217m e 6506936,742m.**SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA SOBRE O PERFIL-** Descrito e coletado em trincheira ao lado da lavoura de pêssego.**ELEVAÇÃO –** 119 metros**FORMAÇÃO GEOLÓGICA –** Suíte Pinheiro Machado**CRONOLOGIA -** Suíte Pinheiro Machado, Éon Proterozóico, Era Neoproterozóico e Período Ediacariano**MATERIAL ORIGINÁRIO –** Granito**PEDREGOSIDADE-** Não pedregoso**ROCHOSIDADE –** Ligeiramente rochoso**RELEVO LOCAL –** Fortemente Ondulado**RELEVO REGIONAL-** Ondulado a forte ondulado**EROSÃO –** Não aparente**DRENAGEM –** Bem drenado**VEGETAÇÃO PRIMÁRIA –** Floresta subperenifólia**USO ATUAL –** Mata nativa**DESCRITO E COLETADO POR –** Adão Pagani Junior, Pablo Miguel, Mélory Maria Fernandes de Araújo e Giovana Millech Robe.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA – Perfil 09

A1	0-16 cm; cor úmida (7,5YR 2,5/2, úmida) e cor seca (7,5YR 4/2, seca); franco-arenosa; bloco subangulares e granular, grande e média respectivamente, moderado; ligeiramente dura; muito friável, ligeiramente plástica, ligeiramente pegajosa; clara e plana; raízes médias e finas respectivamente e comuns.
A2	16-28 cm; cor úmida (7,5YR 3/2, úmida) e cor seca (10YR 4/2, seca); franco-argilosa, pouco cascalhenta; blocos subangulares, média e grande, moderada; muito dura; muito friável, ligeiramente plástica, ligeiramente pegajosa; clara e plana; raízes finas e comuns.
AC	28-39 cm; cor úmida (10YR 3/3, úmida) e cor seca (2,5YR 5/3, seca); franca, cascalhenta; blocos subangulares e granular, média a grande e pequeno a média, moderada; muito dura; friável, plástica, ligeiramente pegajosa; clara e plana; raízes finas e poucas.
C	39-52 cm; cor úmida (7,5YR 3/4, úmida), cor seca (10YR 4/4, seca); franco-argilosa, cascalhenta; blocos subangulares, média a grande, forte; ligeiramente dura; friável, plástica, ligeiramente pegajosa; gradual e quebrada; raízes ausentes.
C/CR	52-78+ cm; cor úmida (2,5YR 4/6 e 10YR 5/6 úmida, respectivamente), cor seca (2,5YR 7/4, 10YR 3/1 seca, respectivamente); franco-argilosa e cascalhenta; ligeiramente plástica, ligeiramente pegajosa.

Obs: No horizonte A2 há presença de pouco cascalho. No horizonte AC, C e C/CR há presença de cascalho. Presença de raízes médias, finas e comuns no horizonte A1. Presença de raízes finas e comuns no horizonte A2. Presença de raízes finas e poucas no horizonte AC. O horizonte CR apresenta saprólitos em avançado estado de intemperismo com o predomínio de cores vermelhas/laranjadas nas bordas indicando o início do estágio de intemperismo (oxidação). Os fragmentos saprólitos apresentam cobertura laminar de cor escura, possivelmente de material transportado dos horizontes superiores.

CARACTERIZAÇÃO ANALÍTICA – Perfil 09

Horizonte		Amostra seca ao ar (%)		
Símbolo	Profundidade (cm)	Calhaus >20mm	Cascalho 20-2mm	Terra fina <2mm
A1	0-16	0	20	80
A2	16-28	0	14	86
AC	28-39	1	43	56
C	39-52	3	55	42
C/CR	52-78+	7	75	18

Horizonte	Composição Granulométrica g.kg ⁻¹							Silte/Argila
	Areia m. grossa	Areia grossa	Areia média	Areia fina	Areia m. fina	Silte	Argila	
A1	57,97	96,03	121,25	212,61	113,92	201,99	185,16	1,09
A2	64,92	77,11	112,78	208,65	72,39	263,67	198,69	1,33
AC	55,98	91,28	73,90	89,77	52,43	252,43	383,45	0,66
C	68,34	62,97	83,03	137,03	159,85	318,73	244,35	1,30
C/CR	13,95	99,28	121,88	166,01	96,88	223,10	314,81	0,71

Horizonte	pH (1:2,5)		Complexo sortivo (cmolc.kg ⁻¹)							
	Água	KCl	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	S	Al	H + Al	CTC pH 7

A1	6,51	4,19	2,94	0,36	0,15	0,07	3,52	0,71	11,4	14,92
A2	5,43	4,14	1,41	0,29	0,09	0,07	1,86	0,58	9,4	11,26
AC	5,51	4,03	1,98	0,37	0,08	0,08	2,51	0,67	8,5	11,01
C	5,35	4,13	2,68	0,66	0,09	0,15	3,58	1,25	9,8	13,38
C/CR	5,4	3,93	3,23	0,54	0,07	0,09	3,93	1,87	9,4	13,33

Horizonte	V (%)	Al (%)	P Assimilável (mg.kg ⁻¹)	Carbono Orgânico g.kg ⁻¹
A1	23,59	16,78	0,6	12,14
A2	16,52	23,77	0,16	9,1
AC	22,80	21,07	0,38	7,38
C	26,76	25,88	0,11	7,13
C/CR	29,48	32,24	0,44	9,56

DESCRIÇÃO DE PERFIL**Projeto** : Dissertação Adão Pagani Junior**PERFIL N° - 10****DATA** – 18/04/2022**CLASSIFICAÇÃO** – NEOSSOLO LITÓLICO

Distrófico fragmentário A moderado, textura franco-arenosa, relevo ondulado, substrato granito.

WRB: Dystric Leptosol

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E**COORDENADAS** – Pelotas, Rio Grande do Sul, 359374,279m e 6506964,303m.**SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA SOBRE O PERFIL**- Descrito e coletado em topo inferior, barranco de estrada.**ELEVAÇÃO** – 120 metros**FORMAÇÃO GEOLÓGICA** – Suíte Pinheiro Machado**CRONOLOGIA** - Suíte Pinheiro Machado, Éon Proterozóico, Era Neoproterozóico e Período Ediacariano**MATERIAL ORIGINÁRIO** – Granito**PEDREGOSIDADE**- Ligeiramente pedregoso**ROCHOSIDADE** – Ligeiramente rochoso**RELEVO LOCAL** – Ondulado**RELEVO REGIONAL**- Ondulado**EROSÃO** – Não aparente**DRENAGEM** – Bem drenado**VEGETAÇÃO PRIMÁRIA** – Floresta subperenifólia**USO ATUAL** – Pomar de pessegueiro**DESCRITO E COLETADO POR** – Adão Pagani Junior e Pablo Miguel.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA – Perfil 10

A	0-17 cm; cor úmida (10YR 4/3, úmida) e cor seca (7,5YR 4/2, seca); franco-arenosa; pouco cascalhenta; bloco subangulares, muito pequena, fraca; ligeiramente dura, friável, ligeiramente plástica, ligeiramente pegajosa; clara e plana.
Cr/A	17-25/56 cm; cor úmida (10YR 3/3, úmida) e cor seca (7,5YR 4/2, seca); franco-arenosa, pouco cascalhenta; blocos subangulares, muito pequena; fraca, dura, friável, ligeiramente plástica, ligeiramente pegajosa; abrupta e irregular; raízes finas e abundantes.
R	25/56-112+ cm;

Obs: No horizonte A e Cr/A há presença de pouco cascalho. Presença de raízes finas e abundantes no horizonte Cr/A. Material de origem com cor 10YR 5/3 descrito no Hz R.

CARACTERIZAÇÃO ANALÍTICA – Perfil 10

Horizonte		Amostra seca ao ar (%)		
Símbolo	Profundidade (cm)	Calhaus >20mm	Cascalho 20-2mm	Terra fina <2mm
A	0-17	1	20	79
Cr/A	17-25/56	1	22	77
R	25/56-112+	-	-	-

Horizonte	Composição Granulométrica g.kg ⁻¹							Silte/ Argila
	Areia m. grossa	Areia grossa	Areia média	Areia fina	Areia m. fina	Silte	Argila	
A	43,78	83,73	136,21	172,33	93,68	284,36	183,12	1,72
Cr/A	28,47	143,65	144,15	135,45	68,47	358,74	128,23	2,95
R	-	-	-	-	-	-	-	-

Horizonte	pH (1:2,5)		Complexo sortivo (cmol _c .kg ⁻¹)							
	Água	KCl	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	S	Al	H + Al	CTC pH 7
A	5,41	4,22	4,45	0,77	0,15	0,14	5,51	0,13	9,7	15,21
Cr/A	5,61	3,55	4,35	0,64	0,11	0,17	5,27	0,8	12	17,27
R	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Horizonte	V (%)	Al (%)	P Assimilável (mg.kg ⁻¹)	Carbono Orgânico g.kg ⁻¹
A	36,23	2,30	5,14	18,68
Cr/A	30,52	13,18	2,62	16,01
R	-	-	-	-

DESCRIÇÃO DE PERFIL**Projeto:** Dissertação Adão Pagani Junior**PERFIL N° - 11****DATA – 15/02/2022****CLASSIFICAÇÃO – NEOSSOLO LITÓLICO**

Distrófico típico A moderado, textura franco-argiloarenosa, relevo ondulado, substrato granito.

WRB: Dystric Leptosol

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E**COORDENADAS –** Pelotas, Rio Grande do Sul, 359195,049m e 6507066,792m.**SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA SOBRE O PERFIL-** Descrito e coletado em trincheira ao lado da lavoura de pêssego.**ELEVAÇÃO –** 143 metros**FORMAÇÃO GEOLÓGICA –** Suíte Pinheiro Machado**CRONOLOGIA -** Suíte Pinheiro Machado, Éon Proterozóico, Era Neoproterozóico e Período Ediacariano**MATERIAL ORIGINÁRIO –** Granito**PEDREGOSIDADE-** Ligeiramente pedregoso**ROCHOSIDADE –** Ligeiramente rochoso**RELEVO LOCAL –** Ondulado**RELEVO REGIONAL-** Ondulado**EROSÃO –** Não aparente**DRENAGEM –** Bem drenado**VEGETAÇÃO PRIMÁRIA –** Floresta subperenifólia**USO ATUAL –** Campo**DESCRITO E COLETADO POR –** Adão Pagani Junior e Pablo Miguel.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA – Perfil 11

A	0-13 cm; cor úmida (10YR 3/2, úmida) e cor seca (7,5YR 3/2, seca); franco-argiloarenosa; pouco cascalhenta; bloco subangulares e granular, muito pequena e média respectivamente, fraca e moderado, respectivamente; macia a ligeiramente dura, friável, ligeiramente plástica, ligeiramente pegajosa; abrupta e plana; raízes finas e comuns.
AC	13-34 cm; cor úmida (7,5YR 3/2, úmida) e cor seca (10YR 3/2, seca); franco-argilosa; muito cascalhenta; blocos subangulares e granular, muito pequena, fraca; solta, muito friável a friável, ligeiramente plástica, ligeiramente pegajosa; abrupta e plana; raízes muito finas e comuns.
R	34-65+ cm;

Obs: No horizonte A há a presença de pouco cascalho. No horizonte AC há a presença de muito cascalho. Presença de raízes finas e comuns no horizonte A. Presença de raízes muito finas e comuns no horizonte AC. Material de origem com cor 10YR 8/4 descrito no Hz AC.

CARACTERIZAÇÃO ANALÍTICA – Perfil 11

Horizonte		Amostra seca ao ar (%)		
Símbolo	Profundidade (cm)	Calhaus >20mm	Cascalho 20-2mm	Terra fina <2mm
A	0-13	0	15	85
AC	13-34	2	56	42
R	34-65+	-	-	-

Horizonte	Composição Granulométrica g.kg ⁻¹							Silte/ Argila
	Areia m. grossa	Areia grossa	Areia média	Areia fina	Areia m. fina	Silte	Argila	
A	34,10	98,50	128,46	171,84	78,45	143,20	212,08	0,68
AC	143,13	85,96	51,09	51,85	32,27	275,65	355,98	0,77
R	-	-	-	-	-	-	-	-

Horizonte	pH (1:2,5)		Complexo sortivo (cmol.c.kg ⁻¹)							
	Água	KCl	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	S	Al	H + Al	CTC pH 7
A	5,41	4,22	6,4	0,78	0,4	0,22	7,8	0,13	12,4	20,2
AC	5,61	3,55	2,99	0,74	0,19	0,19	4,11	1,11	13,6	17,71
R	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Horizonte	V (%)	Al (%)	P Assimilável (mg.kg ⁻¹)	Carbono Orgânico g.kg ⁻¹
A	38,61	1,64	18,36	26,32
AC	23,21	21,26	4,42	12,39
R	-	-	-	-