

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
CAMPUS CURITIBANOS
LUIZA MANTIÇA KREIMEIER

**DETERMINAÇÃO DE CORES DOS SOLOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO
MAROMBAS (SC)**

Curitibanos

2019

LUIZA MANTIÇA KREIMEIER

**DETERMINAÇÃO DE CORES DOS SOLOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO
MAROMBAS (SC)**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
em Agronomia, do Centro de Ciências Rurais
da Universidade Federal de Santa Catarina
como requisito para obtenção do Título de
Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre ten Caten

Curitibanos

2019

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Kreimeier, Luiza Mantiça
Determinação de cores dos solos na bacia hidrográfica do
rio Marombas (SC) / Luiza Mantiça Kreimeier ; orientador,
Alexandre ten Caten, 2019.
51 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Campus
Curitibanos, Graduação em Agronomia, Curitibanos, 2019.

Inclui referências.

1. Agronomia. 2. Pedometria. 3. Carta de Munsell. 4.
Santa Catarina. 5. Pedologia. I. ten Caten, Alexandre. II.
Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em
Agronomia. III. Título.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
Coordenação do Curso de Graduação em Agronomia
Rodovia Ulysses Gaboardi km3
CP: 101 CEP: 89520-000 - Curitiba - SC
TELEFONE (048) 3721-2176 E-mail: agronomia.cbs@contato.ufsc.br.

LUIZA MANTIÇA KREIMEIER

Determinação de cores dos solos na bacia hidrográfica do rio Marombas (SC)

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de Engenheiro Agrônomo, e aprovado em sua forma final pelo Curso de Graduação em Agronomia.

Curitibanos, 24 de junho de 2019.

Prof. Dra. Elis Borcioni
Coordenadora do Curso

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Alexandre ten Caten
Orientador
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Ma. Fabiana Zorzi Breda
Membro da banca examinadora
Universidade do Contestado

Prof. Me. Gustavo Eduardo Pereira
Membro da banca examinadora
Universidade do Estado de Santa Catarina

A todos aqueles que de alguma forma me apoiaram e sempre acreditaram em mim, dedico.

“O teu otimismo é a tua salvação. Até o chão é otimista, pois faz crescer a semente.”

Lourival Lopes

RESUMO

O Solo é resultante de processos pedogenéticos. Dentre os atributos do solo, a cor é inicialmente a principal característica a ser percebida ao observar um perfil de solo, no campo, a cor é utilizada para identificar e classificar o tipo de solo. O sistema Munsell é ainda hoje o mais utilizado. A Carta de Munsell classifica as cores em três componentes, matiz, valor e croma, onde o matiz é a cor dominante, valor refere-se à tonalidade e o croma relaciona-se com a pureza da cor. Porém, este método convencional depende de fatores que não podem ser controlados, como a luz incidente no solo, percepção visual do observador e a referência das cores que podem se desgastar ao longo do tempo. A partir de informações do solo, podem-se aplicar diversos métodos matemáticos e estatísticos os quais fornecem como resultados, dados quantitativos da distribuição e gênese do solo. Esse tipo de estudo é também conhecido como pedometria, uma subárea da pedologia ou também uma ciência multidisciplinar dentro da Ciência do Solo capaz de facilitar a classificação dos solos. Dessa forma, buscou-se determinar as cores do solo e utilizar a linguagem computacional para analisar as cores de forma quantitativa. Foram determinadas as cores de 12 perfis de solo da Mesorregião Serrana do estado de Santa Catarina no sul do Brasil. Foi utilizada a carta de Munsell onde se obteve matiz, valor e croma, e utilizado a linguagem R para análise quantitativa das cores. Prevaleceram os matizes 2.5YR, 5YR e 7.5YR, valores variando de 3 a 4 e croma variando de 4 a 8 em profundidade. A análise quantitativa possibilitou uma melhor visualização de um perfil de solo em profundidade podendo relacionar a cor e seus atributos texturais além do carbono orgânico do solo. Contudo, mais estudos envolvendo a pedometria devem ser conduzidos, de modo a contribuir para a pedologia na classificação dos solos de forma rápida e precisa.

Palavras-chave: Pedometria. Carta de Munsell. Santa Catarina. Pedologia.

ABSTRACT

The Soil is the result of pedogenetic processes. Among the attributes of the soil, the main characteristic is the perception of the soil profile, in the countryside, the color is used to identify and classify the soil type. The Munsell system is still the most used, the Munsell Color Chart classifies the colors in three components, hue, value and chroma, where hue is a dominant key, value refers to hue, and chroma is related to a purity of color. However, this conventional method depends on factors that can't be controlled, such as light incident on the ground, visual perception of the observer and the reference of colors that can wear out over time. From soil information, several mathematical and statistical methods can be applied which provide as results, quantitative data of the distribution and genesis of the soil. This type of study is also known as pedometry, a sub-area of pedology or also a multidisciplinary science within Soil Science facilitating the classification of soils. In this way, we tried to determine as soil colors and to use a computational language to analyze the colors in a quantitative way. The colors of 12 soil profiles of the Marombas River Basin of Santa Catarina state in southern Brazil were determined. We used a Munsell Color Chart where we acquired hue, value and chroma and the R language was used for quantitative color analysis. Overcrow the hue 2.5YR, 5YR and 7.5YR, values ranging from 3 to 4 and chroma ranging from 4 to 8 in depth. A quantitative analysis allowed a better visualization of a soil profile in relation to its respective textural components, besides the organic carbon of the soil. However, further studies involving pedometry should be conducted in order to contribute to pedology in soil classification quickly and accurately.

Keywords: Pedometry. Munsell Soil Color Chart. Santa Catarina. Pedology.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Diagrama representando os três componentes da cor pelo sistema Munsell de Cores, matiz, valor e croma.	24
Figura 2 - A) Representação da Carta de Munsell. B) Determinação da cor de solo.....	25
Figura 3 - Área de estudo: Região da bacia hidrográfica do rio Marombas.....	28
Figura 4 - Os 12 perfis de solo que foram descritos com amostras coletadas para este estudo.	30
Figura 5 - Agregado de solo junto a Carta de Munsell para determinação da cor.	31
Figura 6 - Notações de Munsell determinadas para os 12 perfis de solo.	34
Figura 7 - Percentual de ocorrência dos matizes que mais ocorrem em um pequeno conjunto de amostras dos solos da bacia hidrográfica do rio Marombas (SC).	35
Figura 8 - Cores do solo, horizontes pedogenéticos e profundidades.	37
Figura 9 - Horizontes com os matizes.	38
Figura 10 - Teor de Carbono Orgânico do Solo (g.kg^{-1}) nos diferentes horizontes e profundidade.....	39
Figura 11 - Teor (g.kg^{-1}) de areia em cada horizonte em 12 perfis de solo.....	41
Figura 12 - Teor (g.kg^{-1}) de silte em cada horizonte em 12 perfis de solo.....	42
Figura 13 - Teor (g.kg^{-1}) de argila em cada horizonte em 12 perfis de solo.	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Principais horizontes e horizontes de transição que podem ocorrer em um perfil. .	17
Tabela 2 - Notação de Munsell da cor dos minerais e suas respectivas fórmulas e tamanho. .	21
Tabela 3 - Resultados das determinações de cores e análises dos atributos.....	49
Tabela 4 - Dados utilizados para processamento na linguagem R – “SoCol”.....	50

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Instalação dos pacotes.....	32
Quadro 2 - Carregamento dos pacotes.....	32
Quadro 3 - Comando para gerar os horizontes e cores.....	33
Quadro 4 - Comando para transformação da notação Munsell para RGB.....	33
Quadro 5 - Comandos para gerar os perfis com os teores dos atributos em profundidade.	33
Quadro 6 - Script para a utilização na linguagem R.....	51

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	JUSTIFICATIVA	15
1.2	OBJETIVOS	16
1.2.1	Objetivo Geral	16
1.2.2	Objetivo Específico	16
2	REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1	O PERFIL DO SOLO.....	17
2.2	COR DO SOLO.....	18
2.3	IMPORTÂNCIA DA COR DO SOLO	19
2.4	FATORES QUE DETERMINAM A COR DO SOLO.....	20
2.4.1	Mineralogia	20
2.4.2	Matéria orgânica.....	22
2.4.3	Umidade.....	22
2.5	MÉTODOS DE DETERMINAÇÃO DA COR DO SOLO	23
2.5.1	Carta de Munsell®	23
2.5.2	Sensores proximais para determinação das cores do solo	25
2.6	PEDOMETRIA	26
2.6.1	Algoritmos para pedologia quantitativa.....	27
3	MATERIAL E MÉTODOS	28
3.1	ÁREA DE ESTUDO	28
3.2	AMOSTRAGEM E DESCRIÇÃO DOS PERFIS DE SOLO.....	29
3.3	DETERMINAÇÃO DA COR DO SOLO	30
3.4	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	31
3.5	PEDOMETRIA: ALGORITMO DE PEDOLOGIA QUANTITATIVA.....	31
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
4.1	DETERMINAÇÃO DA COR DO SOLO	34
4.2	PEDOMETRIA: ANÁLISE DE PEDOLOGIA QUANTITATIVA.....	36
5	CONCLUSÃO.....	44
	REFERÊNCIAS	45

APÊNDICE A - Tabela 3	49
APÊNDICE B – Tabela 4.....	50
APÊNDICE C – R script.....	51

1 INTRODUÇÃO

O solo é um recurso natural dinâmico, sendo multifuncional na natureza. Recursos hídricos, segurança alimentar e energia associam-se com o solo para manutenção da biodiversidade dos ecossistemas. Segundo McBratney et al., (2014), o solo é lentamente renovável e necessita ser mais bem entendido, pois apresenta importância econômica e sociocultural, do ponto de vista de produção, científico e educativo.

Por se tratar de um corpo tridimensional na paisagem, o solo é resultante de processos pedogenéticos, como perdas, adições e transformações de componentes químicos e da intensidade dos fatores de formação, como o relevo, clima e organismos sobre o material de origem (JENNY, 1941). Diante desses processos, realiza-se a quantificação dos atributos do solo, como a cor, matéria orgânica, composição granulométrica (textura), porosidade, consistência, profundidade, estrutura e entre outros para caracterizar e classificar os diferentes tipos de solo. Dotto et al., (2014) e ten Caten et al., (2016), realçam a importância da quantificação dos atributos do solo para melhor manejá-lo agronomicamente e ambientalmente. Para estes autores, a matéria orgânica no solo (MOS), a cor, a textura, porosidade e profundidade, contribuem para além da classificação de um solo, favorecendo a variabilidade espacial.

A cor é inicialmente a principal característica a ser percebida ao observar um perfil de solo e a campo, a cor é utilizada para identificar e classificar o tipo de solo. Através da cor também é possível inferir em informações quanto à mineralogia, concentração de MOS, material de origem, clima e vegetação. Desde os tempos primitivos das pinturas rupestres, e domesticação da agricultura os solos já eram utilizados e classificados conforme sua fertilidade para produção de alimentos (GUIMARÃES, 2015). Desde 1951 a determinação visual da cor do solo no campo passou a ser comparada de acordo com os padrões da carta de Munsell, pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos da América (USDA). A partir daí, pedólogos e pesquisadores do mundo inteiro utilizam o sistema de cores da Carta de Munsell para classificação dos solos, por ser fácil e de rápida aplicação no campo (SIMONSON, 1993). No Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS), a cor é determinada a partir da Carta de Munsell e é considerada uma característica de diferenciação para as classes de solos (SANTOS et al., 2005).

O sistema Munsell é ainda hoje o mais utilizado. Classifica as cores em três componentes, matiz, valor e croma, onde o matiz é a cor dominante, valor refere-se à tonalidade e o croma relaciona-se com a pureza da cor (SOIL SURVEY STAFF, 2017). Porém, este método convencional depende de fatores que não podem ser controlados, como a luz incidente no solo, percepção visual do observador e a referência das cores (pastilhas da carta) que podem se desgastar ao longo do tempo. Dessa forma, a interpretação da cor torna-se um método que ainda pode ser considerado subjetivo (MELVILLE; ATKINSON, 1985).

Atualmente a determinação das cores do solo também pode ser realizada por instrumentos de sensoriamento remoto proximal como espectroradiômetros, calorímetros e espectrofotômetros, cujo registram a energia refletida pelos solos diante da interação com a luz. O solo, no entanto absorve determinados comprimentos de onda e a combinação desses comprimentos de onda refletidos é o que determina a cor (DALMOLIN et al., 2005). Assim sendo, muitos pesquisadores acreditam que pode ser uma forma mais precisa de determinação da cor. A partir de informações do solo coletadas através do sensoriamento remoto, podem-se aplicar diversos métodos matemáticos e estatísticos os quais fornecem como resultados, dados quantitativos da distribuição e gênese do solo. Esse tipo de estudo é também conhecido como pedometria, uma subárea da pedologia ou também uma ciência multidisciplinar dentro da Ciência do Solo capaz de facilitar a classificação dos solos.

1.1 JUSTIFICATIVA

O presente trabalho traz como justificativa a importância do conhecimento do solo na área da pedologia, buscando determinar a cor pelo método clássico, a Carta de Munsell e ao mesmo tempo aplicar a linguagem computacional diante das novas abordagens pedométricas. A determinação das cores tem sua importância para contribuir na demanda de informações da distribuição espacial de solos para o planejamento do uso das terras e questões ambientais, favorecendo mais estudos e geração de mapas de solo para a região. Por mais que possa ser substituído por métodos mais rápidos e mais precisos como sensores proximais, utilizar o sistema Munsell ainda é importante na formação de um pedólogo para de fato conhecer o solo e sua complexidade, além de ser uma técnica fácil no campo.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Caracterizar a cor de um pequeno conjunto de amostras dos solos da Mesorregião Serrana catarinense através da Carta de Munsell®.

1.2.2 Objetivo Específico

Analisar de forma quantitativa as cores definidas pela Carta de Munsell®.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O PERFIL DO SOLO

A formação do solo, nada mais é do que a transformação da rocha por processos físicos e químicos em materiais alterados em sua composição, os quais podem se movimentar mecanicamente, ou por dissolução formando diferentes horizontes por meio de remoção ou deposição do solo (KIEHL, 1979). O perfil do solo consiste na exposição ou corte vertical da camada superficial da crosta terrestre e se estende da superfície até a parte inferior do corte, quando este entra em contato com a rocha. Inclui todas as camadas pedologicamente alteradas durante o período da formação do solo, sendo chamadas de horizontes pedogenéticos em camadas mais profundas que se diferenciam do material geológico subjacente.

Um perfil do solo completo expõe todos os horizontes e tem dimensão lateral suficientemente grande para mostrar todas as variações que caracterizam um determinado solo. Os horizontes formados pela ação dos processos pedogenéticos são chamados de horizontes genéticos ou pedogenéticos (Tabela 1) e são classificados em horizontes principais e os horizontes de transição, que apresentam características de dois horizontes principais, sendo identificado por aquele que mais predomina (DALMOLIN; PEDRON, 2006).

Tabela 1 - Principais horizontes e horizontes de transição que podem ocorrer em um perfil.

Simbologia	Características
Horizontes principais	
O, H	Constituído de material orgânico. Horizonte O formado em condições de baixa temperatura e horizonte H formado em situações de má drenagem
A	Constituído de material mineral e intensa atividade biológica
E	Constituído de material mineral com predomínio de como areia, silte e argila
B	É o horizonte que maior apresenta expressão dos processos pedogenéticos, notados pela cor
C	Constituído de material mineral que apresenta maior grau de intemperização
Horizontes transicionais	
AE	Transição entre horizonte A e E, mais parece A
AB, EB	Horizonte A ou E com menos de 50 % de B.
AC, CA	Transição entre horizontes A e C, geralmente em solos rasos, novos ou arenosos
BA, BE	Horizonte B com menos de 50% de inclusões de A ou E
BC	Transição entre horizontes B e C, mais parece B
CB	Transição entre horizontes C e B, mais parece C

Fonte: Autora (adaptado Embrapa, 2018).

A observação de um perfil ou parede de uma trincheira aberta segundo termos pedológicos, de um solo bem desenvolvido, permite distinguir as camadas diferenciadas pela coloração e seus horizontes principais (KIEHL, 1979). Na formação dos horizontes, as plantas têm papel fundamental, através das raízes que ao perfurar o solo carregam partículas de solos das camadas superficiais ou então quimicamente através de ácidos orgânicos provindos de material de decomposição da superfície.

2.2 COR DO SOLO

A cor é a impressão particular que a luz (raios luminosos, simples ou combinados) refletida pelo objeto produz pelo olho humano. Ou seja, a cor é variável diante da iluminação (KIEHL, 1979), é a característica mais marcante ao observar um perfil de solo, podendo ser observada a olho nu. A cor do solo é ocorrente pela presença de óxidos de ferro e da matéria orgânica, além da distribuição do tamanho da partícula e umidade no solo (FERNANDEZ; SCHULZE, 1992). O solo pode apresentar variadas cores, tanto na vertical como na horizontal se observado um perfil, desde claros, brunos, amarelos, acinzentados, vermelhos e escuros. Componentes predominantes são responsáveis pela coloração dos solos. Os solos arenosos costumam serem claros, com o predomínio de mineral quartzo. Por outro lado, os solos amarelos e vermelhos são ricos em óxidos de ferro (goethita e hematita). E ainda, os solos escuros, são solos ricos em matéria orgânica. Nomes populares aos solos são dados em função da coloração, “terra roxa” (do italiano *rossa*, vermelho), e “terra preta”. No atual Sistema Brasileiro de Classificação de Solo (EMBRAPA, 2018), a cor é utilizada na subdivisão de Latossolos, Argissolos, Neossolo Litólico Distro-úmbrico, Gleissolo Melânico, Chernossolo Ebânico, entre outros. Quando se referindo ao horizonte B, as respectivas cores podem classificar diretamente os solos, como Latossolo amarelo, Latossolo vermelho (LEPSCH, 2011).

A cor também é influenciada pela textura, sendo os solos de textura fina, apresentando partículas menores, mais coloridos que os solos de textura grossa que apresentam partículas maiores, sucedendo a coloração devido ao tamanho de área específica (KIEHL, 1979). Outro fator correlacionado com a cor é a idade e o grau de desenvolvimento do solo. Solos jovens têm a cor influenciada grandemente pelo material primitivo, o qual sofreu pouca intemperização, estando pouco alterado. Já os solos mais velhos, são mais intemperizados, por influência do clima (LEPSCH, 2011).

Segundo Kiehl (1979), as tonalidades das cores do solo como o cinzento, esverdeado e azulado, estão relacionadas com a deficiência de oxigênio, o que indica zonas de aeração inexistentes, sendo desfavorável para o crescimento e desenvolvimento de plantas. Assim como aeração, a coloração pode fornecer informações de drenagem do solo, permeabilidade, e porosidade. A ocorrência de absorção de luz solar e reflectância do solo também influenciam diretamente na coloração, por motivo de acúmulo de calor, por exemplo, os solos mais escuros que tendem a armazenar mais calor do que os claros (OLIVEIRA, 2011).

2.3 IMPORTÂNCIA DA COR DO SOLO

Identificar um solo pela sua cor constitui uma das primeiras maneiras de realizar sua identificação. Antes de Cristo, os povos já identificavam a fertilidade de um solo somente pela cor. Solos mais escuros eram mais férteis e, por outro lado, os mais claros eram considerados inférteis. Por muitas civilizações, no passado, os pigmentos dos solos, como hematita, por exemplo, eram utilizados como agentes colorantes para fins artísticos como as pinturas rupestres, caracterizadas por faixas vermelhas. Durante o período da renascença em meados de 1300 e 1600, na Itália os óxidos de ferro eram utilizados como pigmentos amarelos para decorar cerâmicas (BULTRINI et al.,2006). As cerâmicas são peças de argila imperecíveis e importantes peças em estudos arqueológicos.

Segundo, Guimarães (2015), povos aborígenes da Austrália e povos da África utilizam ainda hoje o pigmento ocre e argila branca em pinturas corporais durante cerimônias importantes, desde o nascimento até a morte. Atualmente diversos projetos vêm sendo desenvolvidos no mundo todo com pigmentos de solo, artesanato, corantes, tintas para residências e para tingir peças de roupas.

A indústria farmacêutica também utiliza fortemente o solo, pois além das propriedades físicas, mecânicas e térmicas, os pigmentos são muito utilizados para melhorar as propriedades organolépticas dos medicamentos. As argilas são muito utilizadas como princípio ativo em cosméticos. Com uma grande variedade de cor (branco, amarelo, cinza, verde, etc.), sendo recomendadas no tratamento de inflamações da pele e oleosidade devido a sua capacidade de absorver óleos e toxinas (CARRETERO, 2002).

2.4 FATORES QUE DETERMINAM A COR DO SOLO

A cor é relacionada às propriedades químicas e físicas do solo e a composição mineralógica e biológica. Os principais fatores que interferem diretamente na pigmentação são a mineralogia, matéria orgânica e umidade. Além destes principais fatores, também se deve levar em consideração, fatores que interferem no momento da observação da determinação da cor, relação observador/sensor e alvo. A presença ou não de nuvens pode interferir diretamente na luminosidade incidente, ou em caso de ambiente controlado, o padrão de luz utilizada. Qualidade de impressão das pastilhas da Carta de Munsell, as quais podem se desgastar com o tempo, e calibração dos sensores proximais quando utilizados.

2.4.1 Mineralogia

A mineralogia está ligada ao material de origem e ao intemperismo do solo (SCHAETZL; ANDERSON, 2005). Solos pobres em matéria orgânica e óxidos de ferro tendem a ser mais claros e esbranquiçados, apresentando pouco desenvolvimento da cor. Devido à constituição mineralógica apresentar quartzo, esses solos apresentam textura arenosa ou franco-arenosa, ou seja, são solos com pouco desenvolvimento pedogenético, como por exemplo, os Neossolos. Já as cores avermelhadas e amareladas, geralmente dominantes no horizonte B dos solos brasileiros, estão relacionadas aos compostos de Fe (ferro), os quais podem se apresentar na forma reduzida, oxidada hidratada e oxidada desidratada, ao componente goethita (FeOOH), responsável pelo pigmento amarelo e a componente hematita (Fe_2O_3), responsável pelo pigmento vermelho.

Torrent e Schwertmann (1987), afirmam que a cor específica de cada mineral é decorrente da sua interação com a luz visível e depende da estrutura cristalina e do tamanho da partícula. Partículas maiores de goethita conferem uma cor mais amarelada aos solos enquanto partículas menores produzem uma coloração mais amarronzada. Partículas de hematita de tamanhos maiores apresentam cores mais púrpuras que as partículas menores. De acordo com a Tabela 2, há descrição dos minerais do solo relacionados com a notação de Munsell e a influência do tamanho das partículas.

Tabela 2 - Notação de Munsell da cor dos minerais e suas respectivas fórmulas e tamanho.

Mineral	Fórmula	Munsell	Cor
Goethita (1 -2 mm)	FeOOH	10 YR 8/6	Amarelo
Goethita (~0 -2 mm)	FeOOH	7.5 YR 5/6	Bruno - forte
Hematita (~0-4 mm)	Fe ₂ O ₃	5R 3/6	Vermelho
Hematita (~0-1 mm)	Fe ₂ O ₃	10R 4/8	Vermelho
Lepidocrocita (~0.5mm)	Fe ³⁺ O(OH)	5YR 6/8	Amarelo-avermelhado
Lepidocrocita (~0.1mm)	Fe ³⁺ O(OH)	2.5YR 4/6	Vermelho
Ferrihidrita	Fe ₅ HO ₈ 4H ₂ O	2.5YR 3/6	Vermelho-escuro
Glauconita	K(Si _x Al _{4-x})(Al,Fe,Mg)O ₁₀ (OH) ₂	5Y 5/1	Cinzeno-escuro
Sulfeto de ferro	FeS	10YR 2/1	Preto
Pirita	FeS ₂	10YR 2/1	Preto (metálico)
Jarosita	K Fe ₃ (OH) ₆ (SO ₄) ₂	5Y 6/4	Amarelo-claro-acinzentado
Todorokita	MnO ₄	10YR 2/1	Preto
Húmus		10YR 2/1	Preto
Calcita	CaCO ₃	10YR 8/2	Branco
Dolomita	CaMg(CO ₃) ₂	10YR 8/2	Branco
Gipsita	CaSO ₄ 2H ₂ O	10YR 8/3	Bruno muito claro-acinzentado
Quartzo	SiO ₂	10 YR 6/1	Cinzeno-claro

Fonte: Adaptado de LYNN e PEARSON (2000).

Resende et al. (2014) destacam a atuação dos fatores climáticos sobre a relação entre cor vermelha e os óxidos de ferro nos Latossolos brasileiros. Segundo esses autores, nas regiões mais secas, nos solos tropicais e subtropicais do Brasil há uma maior relação com a cor vermelha e os óxidos de ferro, já nas áreas com umidade mais bem distribuída, em regiões temperadas os solos podem ser menos avermelhados independente do teor de óxidos de ferro, sendo mais amarelados e brunados (amarronzados) (SCHWERTMANN; TAYLOR, 1977). Da mesma forma, os solos cujo material de origem é o basalto, diabásios, anfíbolitos, tendem a ter cor vermelho mais escuro, apresentando maior teor de óxidos de Fe na forma de hematita.

A relação de goethita/hematita tende a ser maior nos horizontes superficiais devido à presença de matéria orgânica. Também há uma relação conforme a profundidade do solo. Na parte superficial onde há maior atividade da matéria orgânica, há maior tendência de formar goethita, dispendo de solos com cores mais brunadas (amarela e marrom), como também na parte mais profunda, mais próximo da rocha, onde a drenagem é mais deficiente. Ou seja, na

zona intermediária do perfil há maior favorecimento de formação de hematita, solos mais avermelhados (OLIVEIRA, 2011).

2.4.2 Matéria orgânica

Considerada um constituinte primário da coloração do solo, a matéria orgânica relacionada à tonalidade da cor. Quanto maior a concentração de matéria orgânica, mais escuro será o solo (DALMOLIN et al., 2006; SANTOS et al., 2005). O acúmulo de matéria orgânica em diferentes estágios de decomposição é o que confere a cor preta característica dos Organossolos (EMBRAPA, 2018).

Com o aumento da profundidade há diminuição da concentração de matéria orgânica, sendo seu maior acúmulo nos horizontes superficiais. Schwertmann (2008) descreve que a matéria orgânica quando presente em concentração maior que 2% mascara os demais pigmentos do solo, do contrário, a matéria orgânica quando em concentração menor que 2%, acaba sendo menos efetiva, deixando prevalecer a coloração de argilominerais.

2.4.3 Umidade

Quando em condição anaeróbica, onde ocorre prolongada saturação do solo com a água, o ferro presente no solo sofre um processo de redução ($\text{Fe}^{+3} \rightarrow \text{Fe}^{+2}$), tornando o solo de cor mais cinza, processo chamado de gleização, típico dos Gleissolos (SCHWERTMANN, 2008). A cor cinza está relacionada à ausência de ferro oxidado. A permanência da cor cinza após a secagem desse solo indica que o ferro foi todo ou quase lixiviado. A cor cinza misturada com outras cores apresenta-se como mosqueada. Da mesma forma que o ferro, o manganês e o cobalto se comportam igual ao ferro, sendo pobres em áreas onde o solo é bem drenado, limitando o crescimento.

2.5 MÉTODOS DE DETERMINAÇÃO DA COR DO SOLO

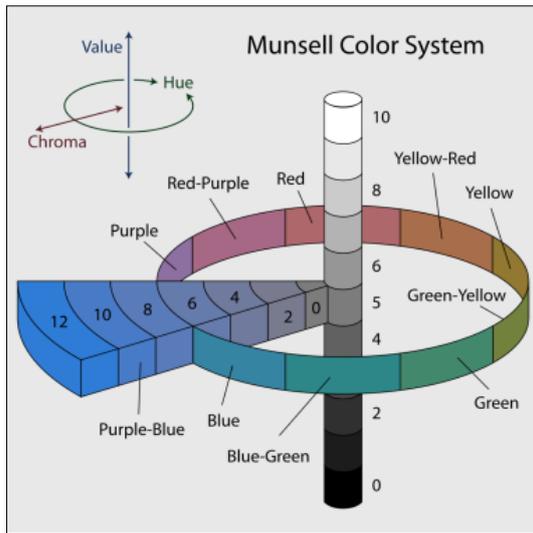
A determinação da cor é de grande importância no estudo dos solos. A coloração do solo, nada mais é que a impressão da luz refletida pelos corpos que produz no sentido da visão de cada observador, podendo variar com o tipo de luz que o ilumina. Usualmente, a cor é determinada em campo por comparação visual com os padrões da Carta de Munsell® (MUNSELL SOIL COLOR COMPANY, 1950). Mas também pode ser determinada por instrumentos de sensoriamento remoto proximal como colorímetros, espectrofotômetros e espectrorradiômetros.

Porém, erros na determinação da cor do solo ocorrem, e afetam a interpretação em função da diferença de percepção entre observadores, qualidade da resposta espectral do olho humano e da não padronização da iluminação quando a luz incide sobre o solo (MELVILLE, ATKINSON, 1985; TORRENT, BARRÓN, 1993).

2.5.1 Carta de Munsell®

O sistema Munsell de cores foi criado pelo professor Albert H. Munsell no início do século XX. É um método bastante comum, utilizando o sentido da visão humana (região de 400-700nm) (IBÁ EZ-ASENSIO et al., 2013). Classifica as cores em três componentes: matiz, valor e croma (Figura 1). O matiz refere-se ao comprimento de onda da luz, e para os solos, são mais utilizadas às matizes R= vermelho, YR= vermelho-amarelo e Y= amarelo, porém há uma gama de matizes (R, YR, Y, GY, G, BG, B, PB, P e RP). O valor corresponde ao brilho ou tonalidade da cor, combinando de branco ao preto em uma escala de 0 a 10. Quanto menor o valor, mais escura é a cor. E o croma, referindo-se à intensidade ou pureza da cor variando de 0 a 8. Quanto maior o croma, mais pura é a cor (KIEHL, 1979; DALMOLIN; PEDRON, 2006).

Figura 1 - Diagrama representando os três componentes da cor pelo sistema Munsell de Cores, matiz, valor e croma.



Fonte: munsell.com

Estudos de Escandafal et al., (1989), demonstram que o sistema de cores Munsell permite uma fácil notação de cor do solo no campo e seu uso é generalizado, de modo que a carta disponibiliza uma grande quantidade de cores encontradas nos solos. Em campo é feita a comparação visual de amostras secas e úmidas com a carta de Munsell® (Figura 2A). Cada página da carta é composta por padrões de cores para solos com uma abertura abaixo de cada um dos padrões. Posiciona-se a amostra de solo atrás das aberturas até que se encontre uma combinação visual da cor do solo com o padrão de cor. Cada padrão de cor corresponde a uma notação Munsell que é feita da seguinte forma: matiz valor/croma. Para uma amostra de solo que tenha matiz de 7,5 YR (7,5 Yellow-Red), valor 5 e croma 6, a notação Munsell será 7.5 YR 5/6 (Figura 2B). Na página oposta aos padrões de cores está indicado o nome de cada cor, em inglês. Neste caso, o nome comum dessa cor pela carta de cores Munsell para solos (MUNSELL SOIL COLOR COMPANY, 1950; KIEHL, 1979) é Strong Brown, correspondente em português a Bruno-forte (SANTOS et al., 2005).

Figura 2 - A) Representação da Carta de Munsell. B) Determinação da cor de solo.



Fonte: munsell.com

2.5.2 Sensores proximais para determinação das cores do solo

Em estudo de Costa (1979), esse já afirmava que muitas das propriedades do solo podem ser estimadas com base na refletância espectral e que se deveria investir na busca da utilização mais rotineira de um instrumento de laboratório que medisse esta propriedade para amostras de solo. A classificação de cores utilizando instrumentos de sensoriamento proximal depende da luz incidente e de algumas características que aumentam ou diminuem a refletância do solo, apresentando maior exatidão, pelas condições controladas (ADAMCHUK et al., 2017).

Os espectrorradiômetros mensuram a energia refletida pelo solo nos comprimentos de onda visível e infravermelho do espectro eletromagnético, gerando um agrupado de dados numéricos, que podem ser transformados em gráficos, denominados de curvas espectrais. A utilização da espectrorradiometria para estudos de solo é um tanto recente, e a análise das curvas espectrais pode ser compreendida devido às relações existentes entre o comportamento espectral e as características do solo (DEMATTÊ, et al., 2015).

O sistema de cores RGB (do inglês, Red = vermelho, Green = verde e Blue = azul) representado por estas três intensidades de componentes, é um índice importante para a expressão de cores. Os sensores proximais, como os espectrorradiômetros, fazem leituras, de acordo com o comprimento de onda, e a quantidade de energia refletida em determinado ponto. As distribuições de energia espectral $\beta(\lambda)$ precisam ser transformadas em valores

triestímulos XYZ, para posterior transformar em RGB, para que a cor possa ser impressa e que esses dados sejam entendidos, como enxergamos na forma humana. A classificação da cor do solo pode ser feita por valores RGB, através de transformação da notação Munsell em RGB utilizando a linguagem computacional o que fornece resultados com maior precisão (MOONRUNGSEE et al., 2015).

2.6 PEDOMETRIA

A pedometria é uma evolução dentro da pedologia, pode ser entendida como medida do solo analisando as derivações gregas, *pedos* = solos e *metron* = medida. Estudos na área passaram a ser estendidos em meados de 1970, a partir da geoestatística e análise espacial, mas a partir de 1990, estudos do professor Alexander McBratney que o termo pedometria ganhou destaque. Com o objetivo de analisar o solo, sua gênese, distribuição, propriedades e comportamento, elaboraram-se e aplicaram métodos matemáticos e estatísticos para a modelagem quantitativa de solos. As principais técnicas e ferramentas utilizadas na pedometria são técnicas de amostragem, estatística tradicional, geoestatística, lógica fuzzy, interpolação, análise de incerteza, regressões, sistema de informação geográfica (SIG), sensoriamento remoto e espectrorradiometria. Além disso, tecnologias relacionadas ao uso de computação e algoritmos, os quais permitem previsões relacionadas ao solo (DALMOLIN et al., 2017).

Para a comissão de pedometria da União Internacional de Ciências do Solo (IUSS), o objetivo da Pedometria também é alcançar um melhor entendimento do solo e de sua variação em diferentes escalas no espaço e no tempo. Esse entendimento é importante tanto para o sistema agrônômico, quanto para o ecológico e hidrológico de que o solo faz parte. Dalmolin et al., (2017) discutem que com foco na precisão e incerteza das informações geradas a partir de dados quantitativos, a pedometria desempenha um papel fundamental para impulsionar o reconhecimento da importância da Ciência do Solo entre a comunidade científica, sendo relevante para sociedade, tornando as informações de solo mais acessíveis e atraentes para os agricultores e gestores públicos, possibilitando a adoção de medidas com o manejo do solo.

2.6.1 Algoritmos para pedologia quantitativa

As características do perfil do solo e a morfologia do nível do horizonte são fortemente baseadas em observações visuais e táteis, a obtenção desses dados geralmente é fornecida por meio de narrativa escrita ou de forma tabular (integração complicada ou meta-análise posterior). Esboços de perfis de solo diagramados com a paisagem, material de origem ou vegetação são comumente usados como base para o desenvolvimento de modelos de solo-paisagem (BEAUDETTE et al., 2013).

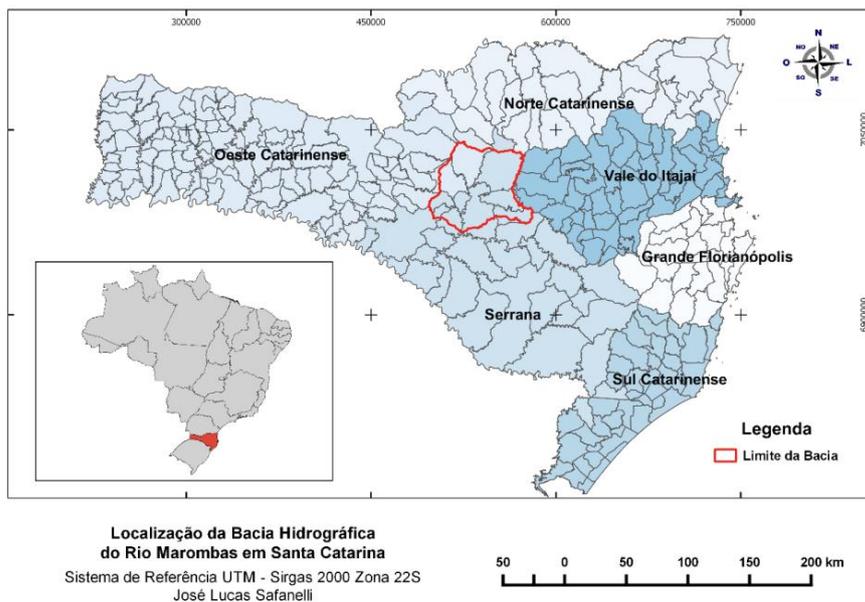
Atualmente grupos de pesquisas trabalham com um banco de dados com milhares de informações, no Brasil, um exemplo é “febr” <<http://coral.ufsm.br/febr/>>, um importante banco de dados de solos. A complexidade de tantos dados multivariados acaba dificultando a análise integrada de grandes coleções de perfis de solo, devido às mudanças na classificação do solo ao longo do tempo e dificuldades associadas ao processamento de dados de horizonte que variam amplamente em profundidade e espessura. Além disso, a magnitude dos atributos, a correlação entre os atributos e as tendências com profundidade afetam a forma como o perfil do solo é interpretado como um todo (ARROUAYS, 2014). Por necessitar de informações sobre a propriedade do solo em vários níveis de generalização, desde a paisagem até escalas regionais, estão sendo desenvolvidos pacotes na linguagem analítica de finalidade geral R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2019), que suporta a análise de grandes bancos de dados de solos.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

O desenvolvimento deste estudo compreendeu a região da Bacia Hidrográfica do Rio Marombas, localizada na Mesorregião Serrana do Estado de Santa Catarina, no sul do Brasil (Figura 3). Essa região da Bacia Hidrográfica do Rio Marombas engloba os municípios de Curitibanos, Brunópolis, Frei Rogério, Fraiburgo, Santa Cecília, São Cristóvão do Sul e Ponte Alta. Segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (2018), Latossolos, Cambissolos, Nitossolos e Neossolos são as classes de solos de maior ocorrência na região. O relevo é formado de rochas de basalto da formação Serra Geral, com altitude variando de 850 a 1100 m a cima do nível do mar (EPAGRI, 2003). O clima predominante da região, segundo a classificação de Köppen-Geiger, é o Cfb (Clima temperado com verão ameno) sendo a temperatura média de 15°C (ALVARES et al.,2013) e com uma precipitação média anual de 1500mm (PANDOLFO et al., 2002). A vegetação predominante é de floresta ombrófila mista, constituída de Araucárias, caracterizando uniformemente a região (EPAGRI, 2003).

Figura 3 - Área de estudo: Região da bacia hidrográfica do rio Marombas.



Fonte: José Lucas Safanelli (2015).

3.2 AMOSTRAGEM E DESCRIÇÃO DOS PERFIS DE SOLO

Em 2013 foram descritos 12 perfis de solo, nas cidades de Curitiba, Brunópolis, Frei Rogério e Ponte Alta do Norte. Estes perfis foram expostos através de um corte vertical da camada superficial da crosta terrestre o qual se estende da superfície até a parte inferior do *pedon* (que é o menor volume considerado como um solo completo), incluindo suas camadas (horizontes) pedologicamente alteradas durante o período de formação. Os 12 perfis totalizaram 56 amostras de solos em diferentes profundidades (Figura 4). As profundidades de cada perfil variaram de 0 até 200 cm de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2018). Os pontos de coleta para cada perfil foram determinados a partir do pacote “*Latin Hypercube Sampling*” (LHS) na linguagem R, que aleatoriamente determinou os pontos com base na variabilidade da paisagem.

Cada perfil foi descrito e coletadas informações de coordenadas, foram observados os fatores de formação como relevo, vegetação, altitude e suas características, como a cor de cada camada de cada perfil, textura, cerosidade, drenagem, material de origem e pedregosidade. As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos e identificadas. As amostras coletadas conforme Santos (2005), foram secas ao ar, moídas e peneiradas para as análises químicas, as quais foram realizadas na Universidade Federal de Santa Maria. Os teores de argila foram determinados pelo método da pipeta, teores de areia por peneiramento mecânico e os teores de silte por diferença. Já o carbono orgânico foi determinado por titulometria, após combustão úmida com $K_2Cr_2O_7$ (dicromato de potássio) de quantificação de carbono orgânico do solo.

Figura 4 - Os 12 perfis de solo que foram descritos com amostras coletadas para este estudo.

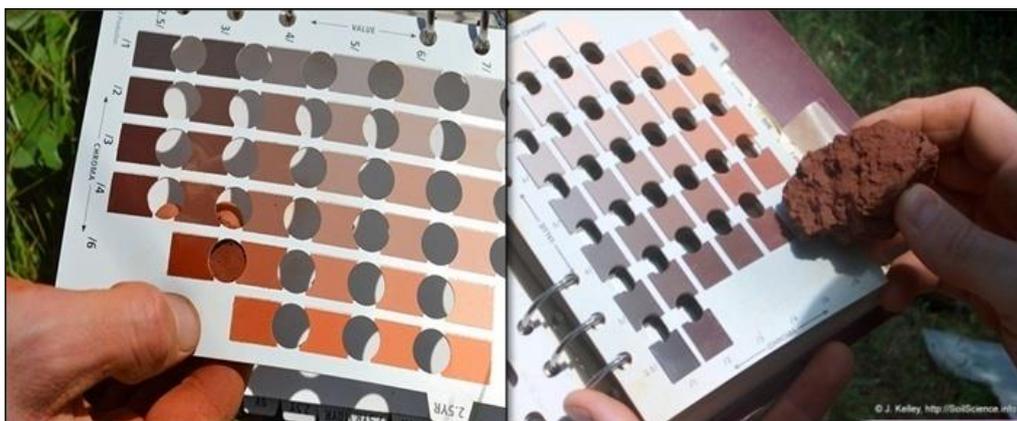


Fonte: Autora (2019).

3.3 DETERMINAÇÃO DA COR DO SOLO

Para a determinação das cores dos solos, foi utilizado o método clássico pela Carta de Munsell®. Realizou-se a abertura de uma trincheira e visualmente divididos os horizontes conforme coloração, textura e demais características. Para cada fração dos horizontes foi retirado um agregado para este ser colocado junto à carta de Munsell para a determinação da cor (Figura 5). É importante ressaltar que a determinação da cor foi realizada com o solo úmido naturalmente logo após a abertura da trincheira, em um dia nublado, sendo a observação visual feita por três homens.

Figura 5 - Agregado de solo junto a Carta de Munsell para determinação da cor.



Fonte: munsell.com

As cores foram determinadas de acordo com a semelhança das pastilhas da carta, Primeiramente observação do matiz, seguido do valor e o croma. As notações foram anotadas, bem como as demais características do perfil e da paisagem. Os dados foram organizados em uma tabela (Tabela 3), disponível no Apêndice A, para sua sistematização e para em seguida serem processados.

3.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os procedimentos estatísticos para análise de dados do solo foram realizados usando a linguagem R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2019) versão mais atual “3.5”. Para as funções de profundidade do solo, determinação dos horizontes e suas cores, foi utilizado o pacote “*Algorithms for Quantitative Pedology*” (AQP), desenvolvido por Beaudette et al. (2013). Foram utilizadas as linhas de comando com os códigos de acordo com material disposto pelos autores em: <<https://ncss-tech.github.io/AQP/>>.

3.5 PEDOMETRIA: ALGORITMO DE PEDOLOGIA QUANTITATIVA

Os dados foram reorganizados conforme tutorial de Beaudette et al., (2013) em uma tabela, denominada “SoCol” (Tabela 4), disponível no Apêndice B. A tabela constitui variáveis como “perfil”, “horizontes” = horizontes pedogenéticos, “hz_sup”, coluna que contém os limites superiores do horizonte e “hz_inf”, coluna dos limites inferiores dos

horizontes. Da mesma forma, “matiz”, “valor” e “croma”, sendo estas variáveis provindas das determinações das cores com a Carta de Munsell em campo. Na mesma tabela também foram agrupados os teores de carbono orgânico do solo (COS), argila, silte e areia em unidade de g.kg^{-1} . A tabela foi importada e então processada no software RStudio em linguagem R, de acordo com os comandos, disponível no Apêndice C e relatados a seguir:

No RStudio, foram instalados alguns pacotes utilizados para geração dos dados de acordo com o comando abaixo (Quadro 1).

Quadro 1- Instalação dos pacotes.

```
install.packages ('aqp', dep=TRUE)
install.packages(' soilDB ', dep=TRUE)
install.packages (' sharpshootR ', dep=TRUE)
```

Fonte: Autora (2019).

Assim que instalados, tais pacotes foram carregados pelos seguintes comandos (Quadro 2):

Quadro 2 - Carregamento dos pacotes.

```
library(aqp)
library(plyr)
library(cluster)
library(ape)
library(colorspace)
library(soilDB)
```

Fonte: Autora (2019).

Para gerar cada perfil de solo, seus horizontes diagnósticos e suas cores, foram utilizados os seguintes comandos (Quadro 3):

Quadro 3 - Comando para gerar os horizontes e cores

```
#soil color signatures
data(SoCol)
SoCol$soil_color<- with(SoCol, munsell2rgb(matiz, valor, crom))
depths(SoCol) <- perfil ~ hz_sup + hz_inf
plot(SoCol)
```

Fonte: Autora (2019).

O que faz colorir os perfis é a transformação das cores da Carta de Munsell para RGB (Quadro 4), que é a forma pela qual as máquinas conseguem identificar e projetar a visualização das cores respectivamente.

Quadro 4 - Comando para transformação da notação Munsell para RGB

```
aqp::munsell2rgb("2.5YR , 3/6")
```

Fonte: Autora (2019).

Para melhor ainda analisar as cores, foram plotados também os perfis, cada qual com seus horizontes e respectivas quantidades de carbono orgânico, areia, silte e argila, para que assim também se verificasse o quanto que as quantidades de cada atributo variavam no perfil, influenciando diretamente na cor. Pelos seguintes comandos (Quadro 5):

Quadro 5 - Comandos para gerar os perfis com os teores dos atributos em profundidade.

```
par(mar=c(0,0,4,0))
plot(SoCol, color='COS')
plot(SoCol, color='areia')
plot(SoCol, color='silte')
plot(SoCol, color='argila')
```

Fonte: Autora (2019).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 DETERMINAÇÃO DA COR DO SOLO

De acordo com a tabela 3 (Apêndice A), foram obtidas as cores dos 12 perfis de solo (Figura 6), a imagem gerada representa visualmente as cores encontradas no geral, independente da profundidade e horizonte.

Figura 6 – Notações de Munsell determinadas para os 12 perfis de solo.



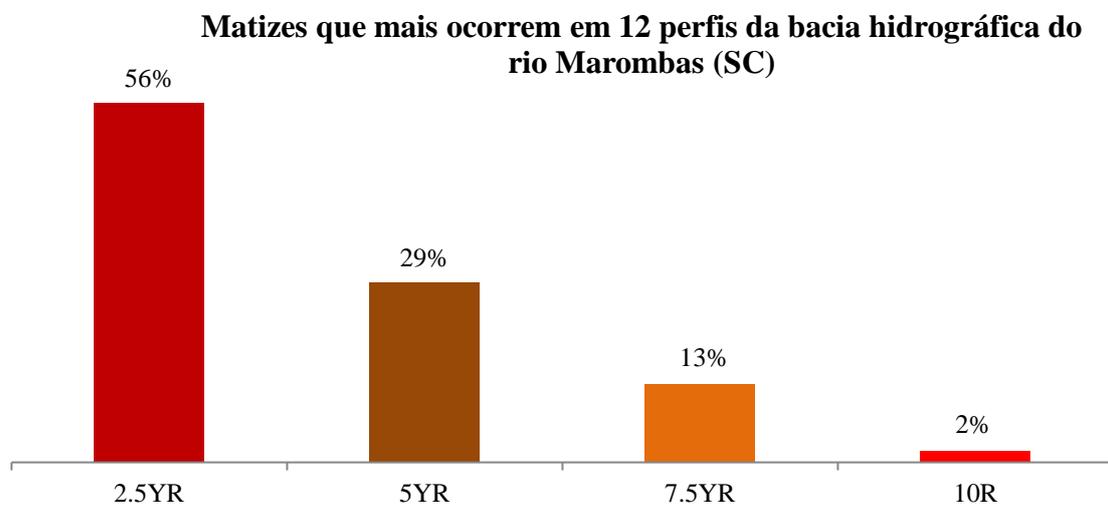
Fonte: Autora (2019).

Foram determinadas 12 colorações diferentes para 12 perfis de solo. As cores variaram nos horizontes desde a superfície até em profundidade de 0-200 cm. Alguns perfis as colorações mais escuras foram encontradas na superfície ou às vezes nos horizontes mais profundos. Também alguns perfis de solo apresentaram o mesmo matiz em todo perfil, porém variando a tonalidade e a intensidade.

É importante ressaltar que as cores determinadas para os solos representam um pequeno grupo de amostras para a região da Bacia Hidrográfica do Rio Marombas. O matiz

de maior ocorrência é o 2.5YR o que indica solos com alta quantidade de óxidos de ferro sendo eles mais avermelhados, sendo a hematita o componente principal que influencia na coloração. O segundo matiz de maior ocorrência é o 5YR indicando quantidade de hematita (vermelho) e goethita (bruno/amarelo) nos solos, sendo estes, mais bruno-avermelhados (Figura 7).

Figura 7 - Percentual de ocorrência dos matizes que mais ocorrem em um pequeno conjunto de amostras dos solos da bacia hidrográfica do rio Marombas (SC).



Fonte: Autora (2019).

A maior ocorrência desses matizes está relacionada com as condições edafoclimáticas da região. Nas regiões mais frias e úmidas, com altitudes entre 900 e 1200 m predominam os solos classificados conforme o Sistema Brasileiro de Solos, de Latossolos Brunos, em vegetação de campo com matas de Araucária e também agricultura mecanizada, com cultivos de soja, trigo, milho, aveia e espécies florestais. Os Latossolos predominam nos estados do sul do Brasil, principalmente em Santa Catarina, sendo proveniente do material de origem basalto (ALMEIDA et al., 2003). Segundo Resende (2014), os Latossolos, ricos em óxido de ferro tendem a ter colorações que não refletem o seu conteúdo de matéria orgânica, isto é, a mesma coloração ocorre em solos com conteúdos variáveis de matéria orgânica.

Em decorrência das cores de 12 perfis terem sido determinadas no campo em seu estado de umidade natural, sendo eles friáveis e, levando em consideração os dias com períodos de tempo nublado, a tendência é que tais solos absorveram mais luz, podendo

representar ser mais escuros ao olho humano. Kiehl (1979) afirma o mesmo, sendo que o solo úmido ao perder umidade vai clareando até atingir a umidade higroscópica. Ou seja, dessa forma pode haver uma superestimação do matiz pelos pedólogos em campo. Campos e Demattê (2004), explicam que essa superestimação também pode ocorrer devido ao número limitado de padrões no sistema Munsell. Ao comparar a percepção visual a um equipamento que utiliza triestímulos, perceberam a superestimação ao valor do matiz pelo pedólogo, sendo que atribui o valor mais próximo encontrado na carta de Munsell ao que visualiza. Guimarães (2015) e Campos e Demattê (2004), realizaram estudos comparando a determinação das cores com aparelhos de sensoriamento remoto proximal como o colorímetro, comprovaram a subjetividade do observador com as notações de Munsell, sendo maior a precisão do colorímetro.

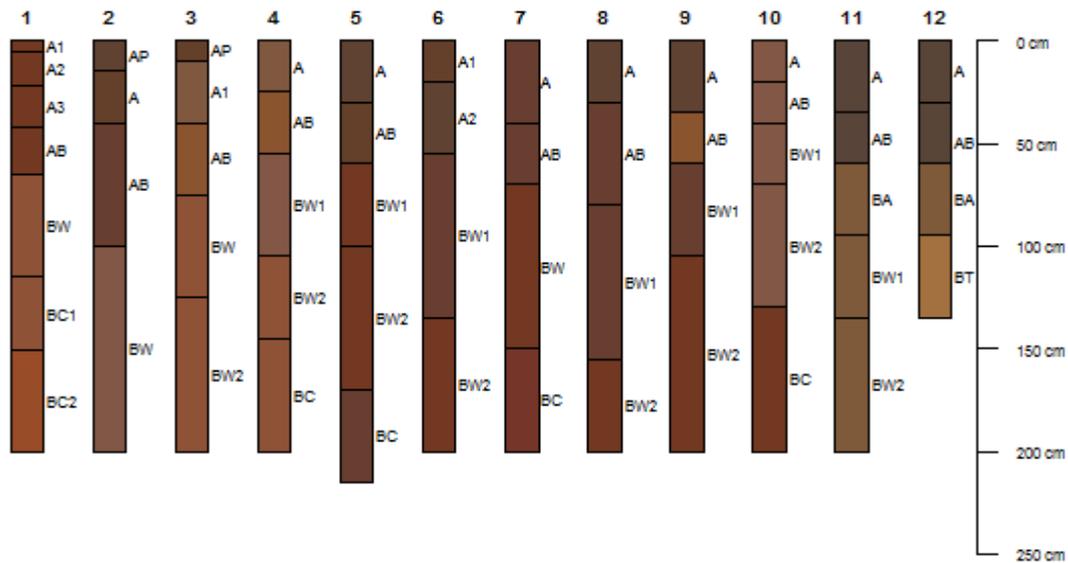
Um estudo recente de Breda (2019) sobre os matizes mais estudados relacionados à cor do solo no mundo relata que 32% das publicações são referentes ao matiz 10YR, 23% do matiz 5YR, 22% do matiz 7.5YR e apenas 16% do matiz 2.5YR. O que explica a intensidade de estudos no matiz 10 YR, é o fato da relação com a matéria orgânica presente nos horizontes superficiais (SCHULZE et al.,1993). Também é interessante o destaque de Breda (2019), ao vincular os países que mais estudam o Matiz 10YR, sendo os Estados Unidos contribuinte com 24% dos estudos, seguido do Brasil com 13%. Tal percentual para o Brasil pode estar relacionado com o fato de no país predominar os Latossolos, Argissolos e Neossolos em aproximadamente 70% do território nacional com matizes 2.5YR, 5YR e 7.5YR (EMBRAPA, 2018). No entanto, é necessário mais investimentos em pesquisas para investigar esta relação das classes de solo e sua coloração. Com as novas tecnologias de sensoriamento remoto proximal podem-se realizar estudos de forma mais rápida e precisa, utilizando ainda ferramentas de linguagem computacional.

4.2 PEDOMETRIA: ANÁLISE DE PEDOLOGIA QUANTITATIVA

Os dados gerados no software RStudio possibilitaram a visualização da caracterização de cada perfil e seus horizontes incluindo suas respectivas cores de acordo com as profundidades (Figura 8). Do perfil 1 ao 10, os solos foram classificados como Latossolos Vermelhos Distroférricos típicos, e os solos do perfil 11 e 12 como Latossolos Brunos

Distroféricos típicos (EMBRAPA, 2018). Cada coluna corresponde a um perfil de solo, sendo ele dividido em horizontes de 0 a 200 cm.

Figura 8- Cores do solo, horizontes pedogenéticos e profundidades.

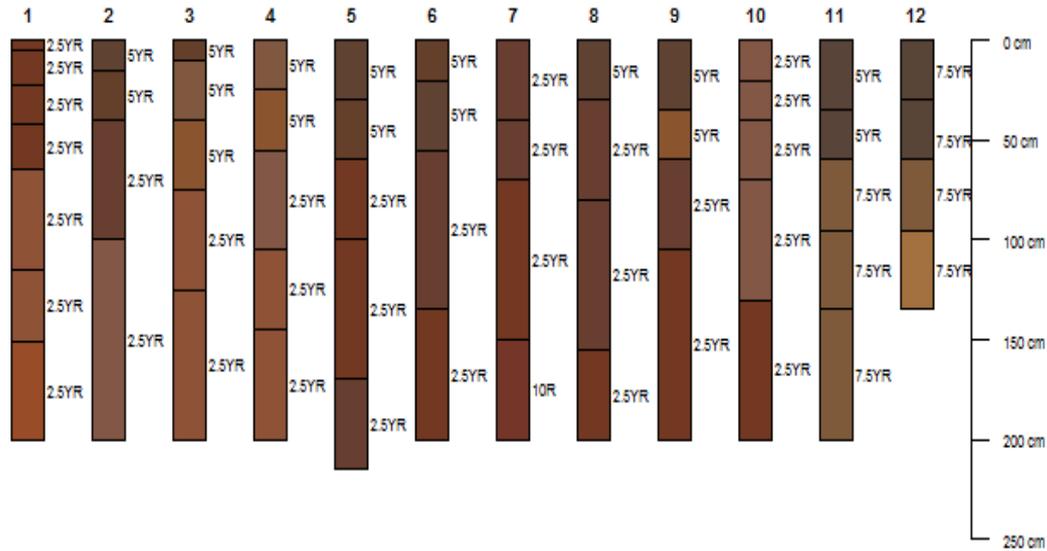


Fonte: Autora (2019).

Ao analisar cada perfil, percebeu-se que os horizontes superficiais são de coloração mais escura com matizes, valores e cromas de valores baixos (ex: 2.5 YR 3/3), o que de fato corresponde com a literatura em relação à disponibilidade de matéria orgânica. Geralmente os horizontes superficiais apresentam teores mais altos de matéria orgânica e variam nos teores de hematita e goethita (OLIVEIRA, 2011).

A cor do solo sempre foi utilizada como critério para indicar a produtividade do solo, como nos solos mais escuros com maior fertilidade e produtividade. Por outro lado, solos mais claros, por conter maiores teores de quartzo são considerados de baixa produtividade. Da mesma forma a cor é um critério na identificação dos horizontes, para delimitá-los no perfil do solo. Alguns perfis de solo apresentam uma única coloração, mas ao retirar amostras ao longo do perfil, pode-se observar variação na tonalidade ou no brilho, facilitando a delimitação dos horizontes (Figura 9).

Figura 9- Horizontes com os matizes.

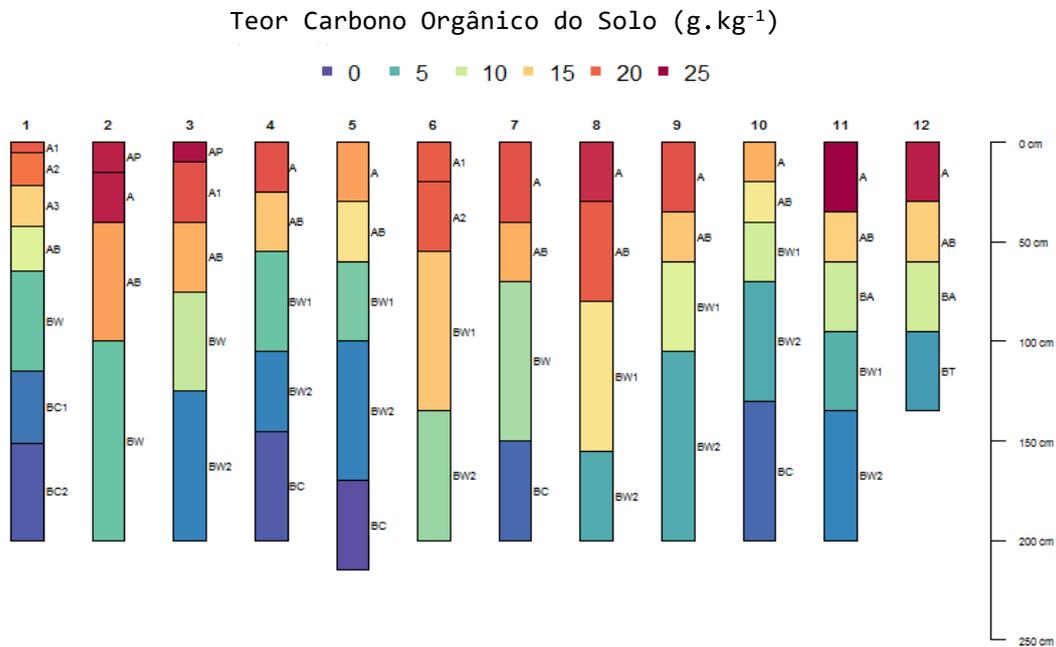


Fonte: Autora (2019).

Kiehl (1979) fez uma interpretação como critérios para interpretação das cores. Para solos com B textural por exemplo, o matiz é normalmente mais vermelho que 10YR, variando as tonalidades (valor) de 3 a 6 e a intensidade (croma) >3 . Cromas 3 e 4 estão sempre relacionados com tonalidades baixas em matizes mais vermelhos que 5YR. As tonalidades baixas estão relacionadas com finas películas de material coloidal como ferro e a matéria orgânica que envolvem os agregados estruturais. Já em solos com B latossólico, o matiz é mais vermelho, 2.5YR. A tonalidade varia de 3 a 7 e a intensidade da cor é >3 . Cromas baixos de 3 e 4 nos matizes 2.5YR, 7.5YR ou 10R ocorrem juntos com valores baixos.

Ao relacionar as quantidades de carbono orgânico do solo (Figura 10) com os matizes, este estudo pode ser comparado com os estudos de Kiehl (1979), que afirma que solos com matizes 2.5YR, 5YR e 7.5YR estão associados aos baixos valores (tonalidade), variando de 3 para 4, e cromas (intensidade) variando de 4 para 8 em profundidade. Todos os 12 perfis apresentaram este comportamento de associação entre matiz, valor e croma.

Figura 10 – Teor de Carbono Orgânico do Solo (g.kg^{-1}) nos diferentes horizontes e profundidade.



Fonte: Autora (2019).

O matiz associado ao teor de carbono orgânico do solo no horizonte A, reafirma os estudos de Schulze et al., (1993). Pode-se observar a relação do carbono orgânico constituinte da matéria orgânica no solo em maiores quantidades na superfície, decrescendo em profundidade, o que corresponde as condições edafoclimáticas da região estudada. Por ser uma região mais fria, a matéria orgânica do solo permanece por mais tempo na superfície, e levando mais tempo para se degradar. Ao analisar o teor de carbono em profundidade percebe-se que quanto mais profundo menor é a quantidade de carbono e mais avermelhado tende a ser o solo.

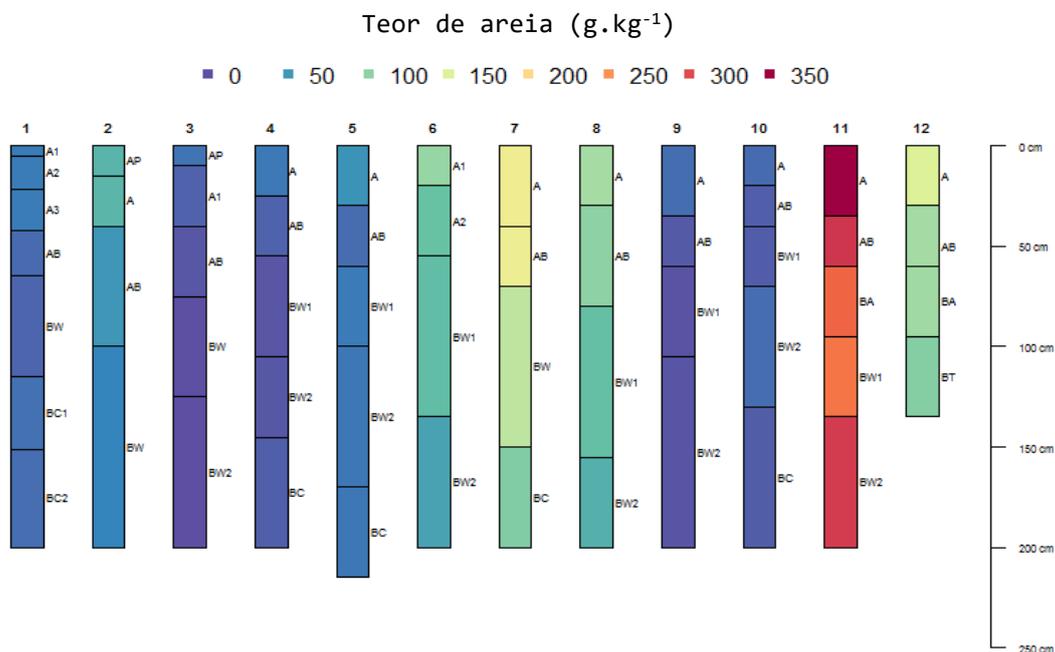
Do ponto de vista agrônomo, a coloração dos horizontes superficiais designa explicações para as diferenças na capacidade adsorptiva de fosfatos, o que influencia diretamente no manejo do solo na questão de necessidade ou não de adubação. Para Almeida et al. (2003), a variação na capacidade adsorptiva de fósforo (P) deve ser mais influenciada pelo grau de interação desses óxidos com o húmus, considerando apenas Latossolos desenvolvidos de basalto, com conteúdos similares de argila e de óxidos de ferro nos Latossolos Vermelhos e Brunos. Em relação a coloração e a fixação de P pelos óxidos de ferro, para pesquisadores como Schwertmann e Taylor (1989), os horizontes superficiais do

solo, por apresentar maiores quantidades de matéria orgânica tendem a fixar menor quantidade de P do que os horizontes mais profundos, subsuperficiais, o que permite um maior aproveitamento das adubações fosfatadas. No entanto para Mesquita Filho e Torrent (1993), esse efeito de maior aproveitamento da adubação fosfatada diante da redução da fixação de P em virtude de maior quantidade de matéria orgânica é temporário. Mais estudos avaliando este comportamento no solo são necessários, pois pode favorecer um melhor manejo da adubação nas propriedades rurais.

Na classificação de solos são adotados atributos e critérios que envolvem os óxidos de ferro como indicadores do pedoambiente (SOIL SURVEY STAFF, 2017). Pela baixa solubilidade, esses minerais podem persistir por um longo tempo o solo, mesmo que haver mudanças das condições ambientais. Assim, torna-se de utilidade diagnóstica os óxidos de ferro em ambientes pedogenéticos, pois é facilmente identificável, quantificar e caracterizar as várias fases minerais. Considerando as condições de formação do solo, a coloração e a distribuição de diferentes óxidos de ferro, permite inferir diretamente sobre as condições de aeração e drenagem do solo, o que influenciará diretamente no manejo e desenvolvimento de plantas. Solos bem drenados geralmente são solos mais vermelhos, solos moderadamente drenados são mais amarelos e solos cinzentos e mosqueados não são bem drenados, apresentando às vezes croma <2 (KÄMPF et al., 2012).

Do mesmo ponto de vista, ao comparar o matiz aos atributos texturais como areia(Figura 11), silte (Figura 12) e argila(Figura 13), percebeu-se a variação dos teores desses atributos em profundidade. Da mesma forma a variação é associada com a coloração do perfil.

Figura 11 – Teor (g.kg^{-1}) de areia em cada horizonte em 12 perfis de solo.

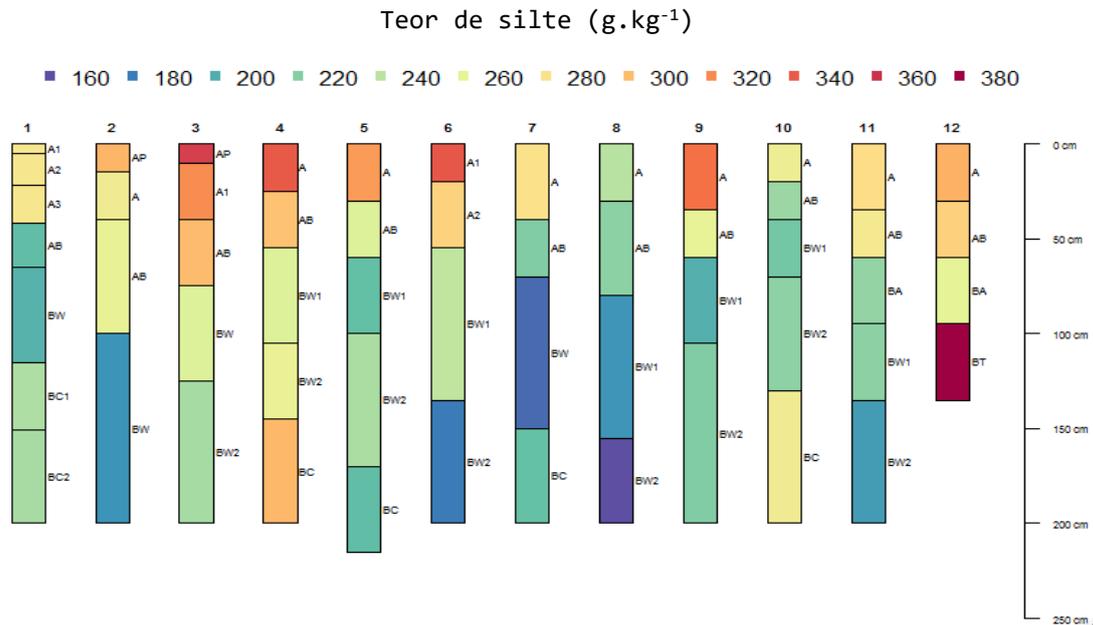


Fonte: Autora (2019).

O perfil 11 é o que mais chama a atenção ao relacionar a sua coloração com o atributo areia, sendo que há maior teor de areia no decorrer do perfil se comparado com os demais, apresentando maior quantidade de mineral quartzo e suas cores sendo mais brunada em profundidade com matiz 7.5YR. A vegetação que predomina neste solo é de campo, gramíneas nativas e vegetação herbácea, sendo as raízes finas, também a provável contribuição do material de origem sendo mais arenoso.

Para o atributo silte (Figura 12), percebeu-se que este é variável nos horizontes, podendo estar presente na superfície com teor mais alto como também em um horizonte mais profundo. De forma geral, o teor mais baixo de silte deve-se aos solos profundos e muito intemperizados, geralmente são mais avermelhados com matiz 2.5YR, e normalmente ocorrente em Latossolos da região sul do Brasil com horizonte B latossólico (DALMOLIN; PEDRON, 2006).

Figura 12 - Teor (g.kg^{-1}) de silte em cada horizonte em 12 perfis de solo.

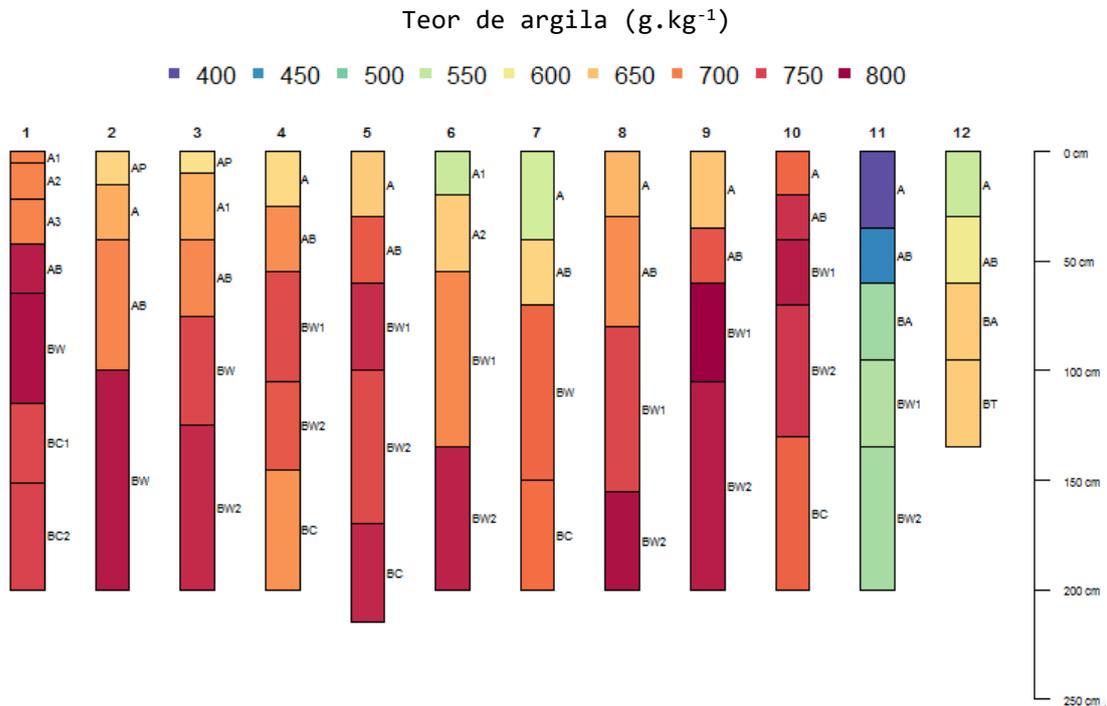


Fonte: Autora (2019).

No perfil 12, é possível notar um teor mais alto de silte no horizonte B textural, esta associação está em apresentar um maior acúmulo de silte e apresentar um matiz menos vermelho, o que de fato ocorre em solos menos intemperizados.

A maioria dos perfis deste estudo são muitos profundos e com incremento no conteúdo de argila (Figura 13) em profundidade. De acordo com os demais atributos já discutidos anteriormente, a argila também está associado com a cor, e geralmente é utilizado como critério para distinção de classes de solos conforme sua atividade no horizonte B ou C. O alto teor de argila e dos óxidos de ferro (goethita e hematita), torna os horizontes assim avermelhados. O perfil 11 e 12 foram os que apresentaram menor quantidade de argila em virtude de apresentarem maior teor de areia em seus horizontes (DALMOLIN; PEDRON, 2006; ALMEIDA et al., 2013).

Figura 13 - Teor (g.kg^{-1}) de argila em cada horizonte em 12 perfis de solo.



Fonte: Autora (2019).

Do ponto de vista agrônomo, a atividade da argila influencia na capacidade de troca de cátions (CTC), a retenção de água dos solos e de nutrientes para as plantas. Sendo ainda responsável em parte, pela coesão e adesão das partículas minerais dos solos. Além de ser importante para o manejo, principalmente quanto ao uso de máquinas no preparo do solo. Os teores de areia, silte e argila no solo determinam as características de consistência do solo, o que afeta aderência e resistência do solo aos implementos de preparo e plantio, facilitando ou dificultando o trabalho das máquinas (OLIVEIRA, 2011).

Percebe-se que uma análise quantitativa por meio de métodos estatísticos e linguagem computacional podem possibilitar resultados precisos a fim de comparação com os diversos métodos de determinação das cores. Com novos estudos, os pedólogos, pesquisadores, estudantes como também os agricultores, poderão visualizar o solo desta maneira e em profundidade, promove um melhor entendimento do solo e também facilita o seu manejo.

5 CONCLUSÃO

As cores de 12 perfis de solos da bacia hidrográfica do rio Marombas (SC) foram determinadas com a metodologia da Carta de Munsell, prevalecendo os matizes 2.5YR, 5YR e 7.5YR, em virtude da área de estudo, o material de origem e as condições climáticas. Estas notações puderam ser transformadas em cores a serem visualizadas no perfil inteiro com o uso do pacote *Algorithms for Quantitative Pedology* na linguagem R.

O uso da linguagem computacional R para análise de forma quantitativa das cores do solo possibilitou uma melhor representação dos perfis de solo bem como a quantificação dos teores, carbono orgânico do solo, areia, silte e argila que influenciam na coloração. Tal empregabilidade promoveu uma análise da pedologia clássica diante das novas projeções pedométricas na pedologia. Desse modo, a utilização de novas técnicas deve ser ainda mais investigada, visto que podem ser mais rápidas e precisas.

REFERÊNCIAS

- ADAMCHUK, V. et al. **Soil survey manual: soil science division staff**. Washington, DC: United States Department of Agriculture; 2017. (Handbook, 18). p. 355-56.
- ALVARES, C. A. et al. Köppen climate classification map for Brazil. *Meteorologische e Zeitschrift*, [s.l.], v 22, n.6, p.711–728, 2013.
- ALMEIDA, J. A.; TORRENT, J.; BARRÓN, V. Cor de solo, formas do fósforo e adsorção de fosfatos em Latossolos desenvolvidos de basalto do extremo-sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 2, p. 985–1002, 2003.
- AQP. Disponível em: <<https://ncss-tech.github.io/AQP/>>. Acesso em: 24 de abril de 2019.
- ARROUAYS, D. et al. A.B. *Global Soil Map: Basis of the global spatial soil information system*. Taylor and Francis, 2014.
- BEAUDETTE, D.E.; ROUDIER, P. O'GEEN, A.T. Algorithms for quantitative pedology: A toolkit for soil scientists. **Computers & Geoscience**, v.52, p. 258-268, 2013.
- BRADY, N.C.; WEIL, R.R. Os solos ao nosso redor. In: _____. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. 3.ed. Porto Alegre: Bookman, 2013, cap.1.
- BREDA, F.Z. Bibliometria e a determinação das cores do solo por distintas abordagens no planalto de Santa Catarina. 2019. 139 f. Dissertação (Mestrado em sistemas agrícolas e naturais) - Universidade Federal de Santa Catarina, Campus de Curitibanos, Curitibanos –SC, 2019.
- BULTRINI, G. et al. Characterization and reproduction of yellow pigments used in central Italy for decorating ceramics during Renaissance. **Applied PhysicsA**, v. 83, n. 4, p. 557-565, 2006.
- CAMPOS, R.C; DEMATTÊ, J.A.M. Cor do solo: uma abordagem da forma convencional de obtenção em oposição à automatização do método para fins de classificação de solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 5, p. 853-863, 2004.
- CARRETERO, M. I. Clay mineral sand their beneficial effects upon human health. Areview. **Applied Clay Science**, v. 21, n. 3, p. 155-163, 2002.
- COSTA, L.M. Surface color soil and reflectance as related to physical chemical and mineralogical soil properties. **Columbia**, 1979.154p. Thesis (PhD) – University of Missouri.
- DALMOLIN, R.S.D.; PEDRON, F.A.P. **Levantamento e classificação de solos**.1.ed. Santa Maria: Departamento de solos – UFSM, 2006, 174 p.
- DALMOLIN, R.S.D. et al. A Pedometria na Ciência do Solo. **Boletim informativo**: v.43, n.3, p.18-21, 2017.

DOTTO, A.C. et al. Mapeamento digital de atributos: granulometria e matéria orgânica do solo utilizando espectroscopia de reflectância difusa. **Revista Brasileira de Ciência de Solo**, 38, p.1663-1671, 2014.

DEMATTE, J. A. M. et al. Spectral sensing from ground to space in soil science: state of the art, applications, potential, and perspectives. In: Thenkabail OS, editor. **Land resources monitoring, modeling, and mapping with remote sensing - Remote sensing handbook**. Boca Raton: CRC Press; v.2. p. 661-732, 2015

EMBRAPA - Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3 ed. rev. ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 590 p.

EPAGRI. Caracterização regional. 2003. Disponível em:
<http://docweb.epagri.sc.gov.br/website_cepa/publicacoes/diagnostico/CURITIBANOS.pdf>
Acesso em: 25 de jun, 2019.

ESCADAFAL, R. et al. Munsell soil color and soil reflectance in the visible spectral bands of TM/Landsat-5 MSS and TMdata. **Remote Sensing of Environment**, v.27, p.37-46, 1989.

FEBR: Disponível em: < <http://coral.ufsm.br/febr/>>. Acesso em: 08 de jul. 2019.

FERNANDEZ, R.N.; SCHULZE, D.G. Munsell colors of soils simulated by mixtures of goethite and hematite with kaolinite. **Zeitschrift für Pflanzenernähr Bonenk**, v.155, p. 473-478, 1992.

GUALBERTO et al. Química e mineralogia de Latossolos com altos teores de ferro da Amazônia e do Planalto Central. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 11:245-252, 1987.

GUIMARÃES, T.L.B. **Determinação Da Cor Do Solo pela Carta De Munsell e por Colorimetria**. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2016, 57 Páginas. Monografia.

IBÁ EZ-ASENIO, S.et al. Statistical relationships between soil colour and soil attributes in semiarid areas. **Biosyst.Eng.**,166, p.120-129, 2013.

JENNY, H. Factors of soil formation: **A system of quantitative pedology**. New York, Dover Publications, 1994 [1941]. 281p.

KÄMPF et al. Mineralogia de solos brasileiros. In: KER, J. C. et al. **Pedologia: Fundamentos**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2012.p.82-102.

KER, J. C. et al. **Pedologia: Fundamentos**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2012.

KIEHL, E.J. Manual de edafologia: **Relações solo-planta**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1979, 262 p.

LEPSCH, I. F. Morfologia: Organização do solo como um corpo natural. In: _____. **19 lições da pedologia**. São Paulo: Oficina de textos, 2011, cap.9.

MCBRATNEY, A.; FIELD, D. J.; KOCH, A. The dimensions of soil security, **Geoderma**, 213:203-213, 2014.

MELVILLE M.D.; ATKINSON, G. Soil color: its measurement and its designation in models of uniform color space. **Journal of Soil Science**, Ottawa, v.36, p.495-512, 1985.

MESQUITA FILHO, M.V.; TORRENT, J. Phosphate sorption as related to mineralogy of a hydrosequence in soils from Cerrado region (Brazil). **Geoderma**, 58: p.107-123, 1993.

MOONRUNGSEE, N; PENCHAREE, S; JAKMUNEE, J. Colorimetric analyser based on mobile phone camera for determination of available phosphorus in soil. *Talanta*, 136, p. 204-209, 2015.

MUNSELL COLOR: Disponível em:<<http://munsell.com/>>. Acesso em: 06 de maio de 2019.

MUNSELL SOIL COLOR COMPANY, Munsell soil color charts, Munsell color, Macbeth Division of Kollmorgen Corporation, Baltimore, Maryland, USA. 1950, revised 1975.

OLIVEIRA, J.B. Cor do Solo.In:_____.**Pedologia aplicada**. 4. ed.Piracicaba:FEALQ, 2011.cap.3.12.

PANDOLFO, C. et al. Atlas climatológico do Estado de Santa Catarina. Florianópolis: Epagri, 2002. CD-Rom.

R DEVELOPMENT CORE TEAM.R: A Language and Environment for Statistical Computing, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2013. Disponível em <<http://www.R-project.org/>>. Acesso em 12 de maio. 2019.

RESENDE, J. M. A. et al. Variabilidade espacial de atributos de solos coesos do leste Maranhense. **R. Bras. Ci. Solo**, [s. l.], v. 38, p. 1077–1090, 2014.

SANTOS, R. D.et al. Manual de descrição e coleta de solo no campo. Viçosa.SBCS/EMBRAPA/CNPS, 2005.

SANTOS, D.H. Fatores que afetam a disponibilidade do fósforo e o manejo da adubação fosfatada em solos sob sistema plantio direto. **Ciência Rural**, v.38, n.2, mar-abr, 2008.

SCHAETZL, R.; ANDERSON, S. Soils: genesis and geomorphology. **Cambridge University Press**. 2005.

SCHWERTMANN, U. Iron oxides. In: Encyclopedia of soil science. **Springer Netherlands**, 2008. p. 363-369

SCHWERTMANN, U.; TAYLOR, R. M. Iron oxides.In DIXON, J. B.; WEED,S.B. (Ed.).Minerals in soil environments. Madison: SSSA, 1977, p.145-180.

SCHULZE, D. G. et al. Significance of organic matter in determining soil colors. **Soil Science Society of America Journal**, v. 31, p. 71-90, 1993.

SIMONSON, R. W. Soil color standards and terms for field use—history of their development. **Soil Color**, n. soil color, p. 1-20, 1993.

SOIL SURVEY DIVISION STAFF. **Soil survey manual**. Soil Conservation Service. U. S. Department of Agriculture Handbook 18.2017.

TEN CATEN, A. et al. Digital soil morphometrics via a low-cost Radiometer for estimating soil organic carbon and texture. In: Hartemink, A.E.; Minasny, B. **Digital morphometrics**. Switzerland, Editora Springer, 2016. cap.20, p.249-257.

TORRENT, J.; BARRÓN, V. Laboratory measurement of soil color: theory and practice. In: BIGHAM, J.M.; CIOLKOSZ, E.J. **Soil color**. Madison: Soil Science Society of America, 1993. p.21-33.

TORRENT, J. SCHWERTMANN, U. Influence of hematite on the color of red beds. *Journal of Sedimentary Petrology*, v.57, p.682-686, 1987.

APÊNDICE A - Tabela 3

Tabela 3 - Resultados das determinações de cores e análises dos atributos.

Perfil	Localidade	Uso atual	Horizonte	Profundidade (cm)	Color	COS	Argila	Silte	Areia
					Munsell	g.kg-	g.kg	g.kg	g.kg
1	Marombas	Mata nativa	A1	0-5	2.5YR 3/6	20.3	682.1	277.2	40.7
			A2	05*20	2.5YR 3/6	19.14	682.1	277.2	40.7
			A3	22-42	2.5YR 3/6	15.08	682.1	277.2	40.7
			AB	42-65	2.5YR 3/6	11.6	758.2	211.1	30.7
			BW	65-115	2.5YR 4/6	6.96	765.9	206.4	27.8
			BC1	115-151	2.5YR 4/6	3.48	727.4	238.2	34.4
			BC2	151-200	2.5RY 4/8	2.32	732	235.7	32.4
2	Marombas	Soja	AP	0-15	5YR 3/3	23.2	624.4	304.2	71.4
			A	15-40	5YR 3/4	23.2	656.5	271	72.5
			AB	40-100	2.5YR 3/4	17.4	681	264	54.9
			BW	100-200	2.5YR 4/4	6.96	760.8	194.1	45.2
3	Brunópolis	Soja	AP	0-10	5YR 3/4	23.78	610	355	36
			A1	10*40	5YR 4/4	20.88	654.4	319.9	25.7
			AB	40-75	5YR 4/6	16.82	679.4	300.9	19.7
			BW	75-125	2.5YR 4/6	10.44	727.8	256.6	15.6
4	Curitibanos	Campo	BW2	125-200	2.5YR 4/7	4.06	749.9	235	15.1
			A	0-25	5YR 4/4	20.88	619.9	341	39
			AB	25-55	5YR 4/6	15.66	675.5	298.2	26.4
			BW1	55-105	2.5YR 4/4	6.96	724	256.7	19.3
5	Curitibanos	Pinus	BW2	105-145	2.5YR 4/6	4.06	714.3	265	20.6
			BC	145-200	2.5YR 4/6	2.32	672.4	303	24.5
			A	0-30	5YR 3/3	17.4	632.5	314.5	53.1
			AB	30-60	5YR 3/4	13.92	711.8	256.7	31.5
6	Marombas	Soja	BW1	60-100	2.5 YR 3/6	7.54	747.8	212.2	40
			BW2	100-170	2.5YR 3/6	4.06	725.4	237	37.6
			BC	170-215	2.5YR 3/4	1.74	751.3	211.2	37.5
			A1	0-20	5YR 3/4	20.3	556.4	342.5	101.1
7	Curitibanos	Soja	A2	20-55	5YR 3/3	20.3	630.4	290.6	79.1
			BW1	55-135	2.5 YR 3/4	15.66	678.8	245	76.2
			BW2	135-200	2.5 YR 3/6	8.7	754.8	183.9	61.3
			A	0-40	2.5YR 3/4	20.88	561.9	283.1	155
8	Brunópolis	Campo	AB	40-70	2.5YR 3/4	16.82	625	222.4	152.7
			BW	70-150	2.5YR 3/6	9.28	701.9	177	121.1
			BC	150-200	10R 3/6	2.9	695.9	212.9	91.2
			A	0-30	5YR 3/3	22.62	649	242.2	108.8
9	Frei Rogério	Campo	AB	30-80	2.5YR 3/4	20.3	676.4	226.2	97.4
			BW1	80-155	2.5 YR 3/4	13.92	727.7	194.7	77.5
			BW2	155-200	2.5 YR 3/6	5.8	765.8	165.4	68.8
			A	0-35	5YR 3/3	20.88	637.3	330	32.7
10	Frei Rogério	Campo e floresta	AB	35-60	5YR 4/6	15.66	715.7	263	21.3
			BW1	60-105	2.5 YR 3/4	11.6	777.1	205.3	17.6
			BW2	105-200	2.5YR 3/6	5.8	758.5	222.5	18.9
			A	0-20	2.5YR 4/4	16.82	701.6	267.4	31
11	Ponte Alta do Norte	Campo	AB	20-40	2.5YR 4/4	13.34	744.7	231.4	23.8
			BW1	40-70	2.5 YR 4/4	11.02	758.8	217.7	23.4
			BW2	70-130	2.5 YR 4/4	5.8	741.3	226.7	32
			BC	130-200	2.5 YR 3/6	2.9	705.5	271.2	23.3
12	Curitibanos	Campo	A	0-35	5YR 3/2	24.49	413.5	285.6	300.9
			AB	35-60	5YR 3/2	15.15	452.1	274.5	273.3
			BA	60-95	7.5 YR 4/4	10.8	529	228.6	242.5
			BW1	95-135	7.5 YR 4/4	6.11	540.7	226.1	233.2
12	Curitibanos	Campo	BW2	135-200	7.5 YR 4/4	4.14	532.5	197.7	269.8
			A	0-30	7.5 YR 3/2	23.26	555.9	306.3	137.8
			AB	30-70	7.5 YR 3/2	15.24	596.2	291.7	107.4
			BA	60-95	7.5 YR 4/4	11.04	632.4	261.9	105.7
BT	95-135	7.5 YR 5/6	5.14	631.1	379.3	93.2			

APÊNDICE B – Tabela 4

Tabela 4 - Dados utilizados para processamento na linguagem R – “SoCol”.

perfil	horizonte	hz_sup	hz_inf	matiz	valor	croma	COS	areia	silte	argila
1	A1	0	5	2.5YR	3	6	20.3	40.7	277.2	682.1
1	A2	5	22	2.5YR	3	6	19.14	40.7	277.2	682.1
1	A3	22	42	2.5YR	3	6	15.08	40.7	277.2	682.1
1	AB	42	65	2.5YR	3	6	11.6	30.7	211.1	758.2
1	BW	65	115	2.5YR	4	6	6.96	27.8	206.4	765.9
1	BC1	115	151	2.5YR	4	6	3.48	34.4	238.2	727.4
1	BC2	151	200	2.5YR	4	8	2.32	32.4	235.7	732
2	AP	0	15	5YR	3	3	23.2	71.4	304.2	624.4
2	A	15	40	5YR	3	4	23.2	72.5	271	656.5
2	AB	40	100	2.5YR	3	4	17.4	54.9	264	681
2	BW	100	200	2.5YR	4	4	6.96	45.2	194.1	760.8
3	AP	0	10	5YR	3	4	23.78	36	355	610
3	A1	10	40	5YR	4	4	20.88	25.7	319.9	654.4
3	AB	40	75	5YR	4	6	16.82	19.7	300.9	679.4
3	BW	75	125	2.5YR	4	6	10.44	15.6	256.6	727.8
3	BW2	125	200	2.5YR	4	6	4.06	15.1	235	749.9
4	A	0	25	5YR	4	4	20.88	39	341	619.9
4	AB	25	55	5YR	4	6	15.66	26.4	298.2	675.5
4	BW1	55	105	2.5YR	4	4	6.96	19.3	256.7	724
4	BW2	105	145	2.5YR	4	6	4.06	20.6	265	714.3
4	BC	145	200	2.5YR	4	6	2.32	24.5	303	672.4
5	A	0	30	5YR	3	3	17.4	53.1	314.5	632.5
5	AB	30	60	5YR	3	4	13.92	31.5	256.7	711.8
5	BW1	60	100	2.5YR	3	6	7.54	40	212.2	747.8
5	BW2	100	170	2.5YR	3	6	4.06	37.6	237	725.4
5	BC	170	215	2.5YR	3	4	1.74	37.5	211.2	751.3
6	A1	0	20	5YR	3	4	20.3	101.1	342.5	556.4
6	A2	20	55	5YR	3	3	20.3	79.1	290.6	630.4
6	BW1	55	135	2.5YR	3	4	15.66	76.2	245	678.8
6	BW2	135	200	2.5YR	3	6	8.7	61.3	183.9	754.8
7	A	0	40	2.5YR	3	4	20.88	155	283.1	561.9
7	AB	40	70	2.5YR	3	4	16.82	152.7	222.4	625
7	BW	70	150	2.5YR	3	6	9.28	121.1	177	701.9
7	BC	150	200	10R	3	6	2.9	91.2	212.9	695.9
8	A	0	30	5YR	3	3	22.62	108.8	242.2	649
8	AB	30	80	2.5YR	3	4	20.3	97.4	226.2	676.4
8	BW1	80	155	2.5YR	3	4	13.92	77.5	194.7	727.7
8	BW2	155	200	2.5YR	3	6	5.8	68.8	165.4	765.8
9	A	0	35	5YR	3	3	20.88	32.7	330	637.3
9	AB	35	60	5YR	4	6	15.66	21.3	263	715.7
9	BW1	60	105	2.5YR	3	4	11.6	17.6	205.3	777.1
9	BW2	105	200	2.5YR	3	6	5.8	18.9	222.5	758.5
10	A	0	20	2.5YR	4	4	16.82	31	267.4	701.6
10	AB	20	40	2.5YR	4	4	13.34	23.8	231.4	744.7
10	BW1	40	70	2.5YR	4	4	11.02	23.4	217.7	758.8
10	BW2	70	130	2.5YR	4	4	5.8	32	226.7	741.3
10	BC	130	200	2.5YR	3	6	2.9	23.3	271.2	705.5
11	A	0	35	5YR	3	2	24.49	300.9	285.6	413.5
11	AB	35	60	5YR	3	2	15.15	273.3	274.5	452.1
11	BA	60	95	7.5YR	4	4	10.8	242.5	228.6	529
11	BW1	95	135	7.5YR	4	4	6.11	233.2	226.1	540.7
11	BW2	135	200	7.5YR	4	4	4.14	269.8	197.7	532.5
12	A	0	30	7.5YR	3	2	23.26	137.8	306.3	555.9
12	AB	30	70	7.5YR	3	2	15.24	107.4	291.7	596.2
12	BA	60	95	7.5YR	4	4	11.04	105.7	261.9	632.4
12	BT	95	135	7.5YR	5	6	5.14	93.2	379.3	631.1

APÊNDICE C – R script

Quadro 6 - Script para a utilização na linguagem R.

```
#Carregando a tabela de dados dos perfis de solo
library(readr)
SoCol<- read_txt("C:/solos/SoCol.txt")
View(SoCol)
#ANÁLISE QUANTITATIVA DO SOLO
#Instalação dos pacotes necessários
install.packages ('aqp', dep=TRUE)
install.packages(' soilDB ', dep=TRUE)
install.packages (' sharpshootR ', dep=TRUE)
#Carregando os pacotes
library(aqp)
library(plyr)
library(cluster)
library(ape)
library(colorspace)
library(soilDB)
#Comandos para análise
aqp::munsell2rgb("2.5YR , 3/6")
#soil color signatures
data(SoCol)
SoCol$soil_color<- with(SoCol, munsell2rgb(matiz, valor, crom))
depths(SoCol) <- perfil ~ hz_sup + hz_inf
plot(SoCol)
#Avaliando areia, silte e argila em profundidade.
par(mar=c(0,0,4,0))
plot(SoCol, color='areia')
plot(SoCol, color='silte')
plot(SoCol, color='argila')
```