



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS LETRAS E ARTES
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

MARCIO JOSÉ DE ELIAS

**CARACTERIZAÇÃO DE ASPECTOS FÍSICO-HÍDRICO
DA TOPOSSEQUÊNCIA FARINHEIRA HELCE –
MUNICÍPIO DE ARARUNA-PARANÁ**

MARINGÁ, PR

2013

MARCIO JOSÉ DE ELIAS

**CARACTERIZAÇÃO DE ASPECTOS FÍSICO-HÍDRICO
DA TOPOSEQUÊNCIA FARINHEIRA HELCE –
MUNICÍPIO DE ARARUNA-PARANÁ**

Monografia apresentada à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso do Departamento de Geografia do Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes da Universidade Estadual de Maringá, para obtenção do título de Bacharel em Geografia.

Orientação: Prof. Dr. Hélio Silveira

MARINGÁ, PR

2013

**CARACTERIZAÇÃO DE ASPECTOS FÍSICO-HÍDRICO DA
TOPOSSEQUÊNCIA FARINHEIRA HELCE – MUNICÍPIO DE ARARUNA
PARANÁ**

PARECER DA BANCA EXAMINADORA

ALUNO: MARCIO JOSÉ DE ELIAS

DATA DA DEFESA: ____/____/____

Monografia apresentada à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso do Departamento de Geografia do Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes da Universidade Estadual de Maringá, para obtenção do título de Bacharel em Geografia.

Examinado pela Banca Examinadora composta pelos professores:

Prof. Dr. Hélio da Silveira (Orientador)

Prof. Dr. Nelson Vicente Lovatto Gasparetto

Dr. Vicente Rocha Silva

PARECER CONCLUSIVO:

Dedico este trabalho a todos que contribuíram para esse momento.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus pelo dom da vida e pela fé inabalável que tem me feito ir adiante independente do quão difícil isso às vezes parece ser.

Agradeço aos meus pais que pelo exemplo de vida me permitiram ir além, ao meu pai pela persistência no que acredita e a minha mãe pela força com que enfrenta os desafios.

Em especial ao Prof. Dr. Hélio Silveira por me apresentar a Pedologia, e pelos muitos ensinamentos que transcendem a ciência. Pela paciência, preocupação, dedicação e constante orientação que resultou nesse trabalho e acima de tudo por ser um grande inspirador tanto na ciência como na vida.

Agradeço a todos os professores que pelo ensino contribuíram para o meu amadurecimento para o desenvolvimento dessa pesquisa. Em uma breve “linha do tempo” agradeço ao professor Paulo Sergio Filipin pela influência na escolha da geografia como profissão, a professora Vanda Maria Silva Kramer e Gilmar Aparecido Asalim pela dedicação durante a licenciatura na Unespar-Paranavaí, e finalmente ao professores Fernando Luiz de Paula Santil, Maria Tereza de Nóbrega, Nelson Vicente Lovatto Gasparetto, Paulo Nakashima do Departamento de Geografia e Programa de Pós-graduação da Universidade Estadual de Maringá pela enorme contribuição proporcionada pelo conhecimento e pela forma que o mesmo foi transmitido.

Aos amigos: Manoela dos Anjos Coelho, Felipe Rodrigues Macedo, Sandra Betinelli da Costa, Paulo Miguel Terassi e Carlos Henrique das Graças pelo apoio na bibliografia no campo e no laboratório.

E por último, porém não menos importante a minha esposa Josiani, âncora da minha vida, pela dedicação, compreensão e apoio nessa caminhada, pela doçura e carinho que me mantém com os pés no chão.

E a todos que de alguma maneira contribuíram para a realização desta pesquisa.

“Irmãos o que fazemos durante a vida ecoa na eternidade.”

(Gladiador)

RESUMO

A caracterização das propriedades físicas do solo é de suma importância para a tomada de medidas de conservação e recuperação, propriedades como a densidade do solo afeta a instalação da rede de porosidade que reflete na capacidade de condutividade hidráulica. Qualquer interferência na dinâmica do funcionamento dessas características vai afetar a produtividade agrícola desenvolvida sobre essas áreas além de gerar sérios impactos a atividades urbanas. A caracterização dos solos foi realizada através de descrição morfológica em campo segundo os critérios do manual de descrição e coleta do solo no campo (LEMOS; SANTOS, 1996). A determinação dos parâmetros físico-hídrico foi realizada de acordo com o manual de métodos de análise do solo (Embrapa, 1997). Os resultados das análises laboratoriais demonstraram uma redução da condutividade hidráulica nos horizontes subsuperficiais na profundidade de aproximadamente de 30 cm acenando para um elevado grau de compactação. Essa compactação pode ter sido gerada pelo uso intenso de máquinas no sistema de plantio convencional o qual foi implantado em toda a região, e o atual sistema de plantio direto. Outra zona de redução da condutividade hidráulica foi verificada nos topos dos horizontes Bt dos Argissolos e no B-nítico do Nitossolo ocasionada principalmente pelo acúmulo e elevação dos teores de argila. Diante disso essa pesquisa objetiva-se avaliar as principais características física-hídricas da cobertura pedológica da topossequência Farinheira Helce caracterizado pela área de contato entre a formação Caiuá e a formação Serra Geral, com ênfase na densidade do solo, na porosidade total e na condutividade hidráulica procurando compreender a relação entre essas propriedades.

Palavras Chave: Solos Arenosos; condutividade hidráulica; densidade do solo; porosidade.

ABSTRACT

The characterization of soil physical properties is of paramount importance to take measures for the conservation and recovery properties as soil density affects the installation of the porosity network that reflects the ability of hydraulic conductivity . Any interference in the dynamics of the operation of these features will affect agricultural productivity developed on these areas besides generating serious impacts to urban activities . Soil characterization was performed by morphological description field according to the criteria of the description and the soil sampling in the field (Lemos and Santos , 1996) manual. The determination of the physical parameters polyhydric was performed according to the manual of methods for soil analysis (EMBRAPA , 1997). The results of laboratory tests showed a reduction of hydraulic conductivity in the subsurface horizons at a depth of approximately 30 cm waving to a high degree of compaction . This compression may have been generated by the intense use of machines in the conventional tillage system which was deployed across the region , and the current system dereto planting . Another area of reduced hydraulic conductivity was observed in the tops of the Bt horizons of Ultisols and B - nitic Nitosol caused mainly by the accumulation and increase of clay content . Thus this research aims to evaluate the main physical characteristics of the water - soil cover of topossequence Farinheira Helce characterized by the contact area between the Caiuá training and Serra Geral formation , with emphasis on soil bulk density , total porosity and hydraulic conductivity looking understand the relationship between these properties.

Keywords : Sandy soils , hydraulic conductivity , bulk density , porosity.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	9
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	10
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	18
3.1 Material.....	18
3.1.1. Caracterização geral da área de estudo.....	18
3.1.2. Aspecto físico.....	20
3.1.3. Clima.....	20
3.1.4. Vegetação.....	20
3.1.5. Solos.....	20
3.1.6. Histórico de ocupação.....	21
3.2 Método.....	21
3.2.1 Ensaio físicos.....	22
3.2.2 Ensaio hídricos.....	22
4. RESULTADO E DISCUSSÃO.....	24
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	32
REFERÊNCIAS	34

1. INTRODUÇÃO

A retirada da cobertura vegetal e a utilização dos solos com agricultura e urbanização têm contribuído para intensificar a degradação de suas propriedades físicas. A qualidade dos atributos físico do solo propicia condições ideais para o crescimento e desenvolvimento das plantas e a manutenção da atividade biológica que ali se instala.

Nos solos agrícolas o uso de máquinas para o manejo tem contribuído para o adensamento e conseqüentemente a diminuição da rede de poros e da capacidade de condução dos fluidos através dos horizontes, além de afetar a capacidade de armazenamento de água. Muitos autores concordam que a compactação do solo é o maior limitante na produtividade agrícola, pois afeta diretamente o crescimento das raízes das plantas além de diminuir a capacidade de infiltração de água com isso reduzindo a absorção de nutrientes pelas plantas.

Na busca de métodos para aumentar a produtividade agrícola desenvolveu o sistema de plantio direto que além de minimizar os custos com a produção contribui para a melhorar e manutenção das condições naturais das propriedades físicas do solo, entretanto a utilização de máquinas pesada continua gerando a compactação mais de forma menos agressiva se comparada ao sistema convencional de produção.

A condutividade hidráulica consiste no processo de condução da água no sentido vertical descendente e horizontal ao longo dos horizontes do solo, este processo é afetado principalmente pelas propriedades físicas do solo como a textura, estrutura, densidade, e porosidade. A rede de poros é de extrema importância na manutenção da condutividade hidráulica do solo, pois é através deles que a água circula e acumula nos horizontes. Partindo desses pressupostos objetiva-se com essa pesquisa avaliar as principais características físico-hídricas do solo da topossequência Farinheira Helce caracterizado pela área de contato entre a Formação Caiuá e a Formação Serra Geral, com ênfase na densidade do solo, na porosidade total e na condutividade hidráulica procurando compreender a relação entre essas propriedades.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A EMBRAPA (1999) define o solo como sendo uma coleção de corpos naturais, constituídos por partes sólidas, líquidas e gasosas, tridimensionais, dinâmicos, formados por materiais minerais e orgânicos, que ocupam a maior parte da crosta superficial das extensões continentais do nosso planeta, contém matéria viva e podem ser vegetados por natureza, onde ocorrem.

Com a necessidade crescente de informação sobre as características determinante dos solos para um melhor planejamento de uso Bocquier (1973) definiu o estudo de topossequência como sendo o estudo de uma sequência de diversos tipos de solos distribuídos de maneira regular e sistemática na paisagem de acordo com a topografia. A partir desta premissa foram desenvolvidos vários métodos para estudar a sucessão de perfis alinhados do topo a base de uma encosta permitindo não só identificar a distribuição dos horizontes do solo, como sua propriedade físico-hídrica, sua morfologia, sua estrutura, mas também as relações entre eles, contribuindo de forma significativa para os diagnósticos de problemas de degradação de solos ocasionado por erosão, e na compreensão da relação entre pedogênese e evolução do relevo e também na avaliação do comportamento e funcionamento hídrico do solo, contribuído para ampliar a compreensão da dinâmica do meio físico e sobre a relação solo-planta.

Ainda discorrendo sobre a importância de estudos pedológicos Queiroz Neto (2002) afirma que o solo sendo um corpo contínuo, organizado e estruturado como sistema pedológico, apresenta diferenciações laterais principalmente ao longo das encostas que se manifesta em todos os horizontes presentes, sugerindo que estes não se sucedem apenas verticalmente, mas também lateralmente, além disso, a aplicação do conceito de sistema pedológico como corpo natural contínuo nas encostas é completado pelas análises laboratoriais para determinação de suas características e propriedades físico-química, mineralógicas biológicas ente outras.

A região Noroeste do estado do Paraná é caracterizada por apresentar em sua estensão áreas de transição entre as litologias da Formação Caiuá e da Formação Serra Geral, portanto apresenta grande suscetibilidade a degradação ambiental principalmente no que se refere às propriedades físico-químicas dos solos principalmente aqueles formados a partir do arenito.

As modificações imposta a esta região pela ocupação antrópica provocam alterações significativa no sistema pedológico, na vegetação e também no modelado do relevo. As mais significativas e visíveis são a remoção dos solos superficial, aparecimento de sulcos, ravinas e voçorocas, o que gera o desequilíbrio pedobioclimático na região (NAKASHIMA, 1999).

De acordo com Nakashima (1999) a distribuição dos sistemas pedológicos na região Noroeste está ligada aos padrões de drenagens, as formas de relevo, as variações altimétricas, a extensão das vertentes, a declividade. Os processos erosivos estão ligados principalmente as ações antrópicas efetuada a partir da década de 1950 que contribuíram para acelerar ou interromper a evolução pedogenética principalmente devido aos processos erosivos lineares ou areolares que ali se instalou.

Segundo Cunha (2002) o processo erosivo nesta região muitas vezes origina-se pelo fato da urbanização e os projetos agropecuários ter desconsiderado a natureza arenosa dos materiais litológicos, o sistema de drenagem, a declividade da vertente, a profundidade do lençol freático entre outros aspectos, isto faz com que o solos com horizontes superficiais empobrecidos em argila, tende a aumentar consideravelmente a sua capacidade de infiltração de água e a permeabilidade em relação aos horizontes subsuperficiais.

De acordo com Gasparetto; Nakaschima; Nóbrega (1994), os materiais da Formação Caiuá são constituídos, sobretudo de arenitos finos a muito finos, apresentando cores variáveis entre o vermelho-arroxeadado ao vermelho-escuro, com pequenos teores de matriz lamítica, agregados por cimentos silicoso, carbonático, ferruginoso e argila. Nos bancos individualizados de dimensão variada, com estratificação cruzada e subhorizontal, predominam os arenitos finos a médios bem selecionados, enquanto nos bancos com estrutura maciça ocorrem arenitos finos mal selecionados. A essa formação geológica esta associado solos de textura média e arenosa derivada do arenito classificada como Latossolos Vermelhos, Argissolos Vermelhos e Neossolos Quartizarênicos. Devido a sua composição granulométrica e organização estrutural, possibilita a instalação de fenômenos erosivos lineares e movimentação de massa do solo, intensificando esse processo principalmente após a retirada da cobertura vegetal nativa como vem ocorrendo desde sua ocupação na década de 1950.

Segundo Gasparetto e Souza (2003) os materiais da formação Caiuá têm comportamento de rochas brandas, cedendo facilmente a pressão quando alterado podendo formar silificação ou cimentação por oxido de ferro com elevado grau de resistência. A

cobertura pedológica forma solos de textura média e arenosa com valores superior a 70% de areia tornando-se friável a processos erosivos.

Segundo Derpsch et. al. (1991) o manejo inadequado do solo tem figurado como um sério problema para a região noroeste paranaense contribuindo para o agravamento dos processos erosivos, perda de fertilidade e inutilização de grandes extensões de terras agricultáveis por perda de matéria e principalmente pela modificação das características físicas dos solos.

Cunha; Castro; Salomão (1999) estudando o comportamento erosivo de um sistema pedológico em Umuarama região Noroeste do estado do Paraná constatou a ocorrência de três zonas distinta ao longo da sequência no que tange a instabilidade erosiva. Uma zona estável que se estende do topo até a média vertente, onde estão presentes dois horizontes pedológicos, o horizonte A e o Bw, com predomínio da circulação hídrica vertical, onde o material se mantém estável em termos erosivos conferindo-lhe condições adequadas à ocupação. Acompanhando a declividade da vertente uma zona de estabilidade precária, na média vertente onde ocorre o horizonte Bt que dificulta a circulação hídrica vertical e origina um fluxo lateral acima dele, os materiais suprajacentes por serem arenosos, podem ser facilmente mobilizados, propiciando a instalação de processos erosivos lineares, tornando assim um setor de menor estabilidade para ocupação. E por último uma zona de instabilidade potencial, que se estende do terço inferior até o sopé da vertente, caracterizado pela facilidade de remoção de finos materiais em subsuperfície promovendo o espessamento do horizonte superficial, que se tornam cada vez mais arenosos a jusante, logo abaixo deste horizonte aparece o Arenito Caiuá tendo entre eles apenas um horizonte estreito de alteração, com redução importante de porosidade.

Martins; Cunha; Castro (2001) investigando o comportamento hídrico em Latossolo Vermelho no município de Cidade Gaúcha no Noroeste do Paraná, conclui que perfis de solos sob cultura temporária e sob pastagem revelaram diferença no comportamento da circulação hídrica principalmente até os primeiros 70 cm de profundidade, onde foram constatadas importantes variações de condutividade. Nos perfis sob pastagem, nos 20 cm iniciais, a condutividade apresentou uma diminuição pouco expressiva da superfície para a base do horizonte A essa diferença de condutividade é resultado da maior percentagem da porosidade total e conseqüentemente do predomínio da macroporosidade e mesoporosidade em superfície.

A condutividade hidráulica do solo é uma das características determinante da ocorrência do processo erosivo, por isso o seu entendimento se faz necessário para o planejamento de ocupação e uso, pois a partir da curva de retenção de água obtida através de análises laboratoriais pode-se dividir a porosidade do solo entre macro e microporos. Geralmente em solos de horizontes arenosos a macroporosidade é mais elevada do que a microporosidade e em solos de horizontes mais argilosos a microporosidade é mais elevada do que a macroporosidade logo a circulação hídrica será maior em solos macroporosos devido um menor impedimento á água apresentando muitas vezes condições de drenagem excessiva impedindo a retenção de água (SALOMÃO e QUEIROZ NETO, 1996).

Silveira; Nobrega; Baldo (2009) estudando a estabilidade de agregados em Latossolos e Argissolos derivado da Formação Caiuá concluiu que a estabilidade de agregados no Latossolos mantido descoberto na profundidade de 0 a 15cm, indicam a ocorrência de apenas de 8,8% do diâmetro médio ponderado de agregados, para peneira de 2mm de diâmetro, enquanto que o Latossolos sub cultivo apresentou 25%. No entanto nas condições de cultivos os agregados estão muito mais compactos com valores de densidade do solo superior a $1,70\text{g/cm}^3$, comprovando que em Latossolos sem cobertura vegetal possui uma estabilidade estrutural mais frágil contribuindo para aumentar a desfragmentação e o arraste de partículas de solo durante os dias com chuvas.

No que se refere à degradação das propriedades físicas do solo o processo de compactação esta associado ao sistema de manejo do solo, em áreas manejadas utilizando o preparo convencional do solo observa-se a degradação excessiva da camada arável, o encrostamento superficial e a formação de camadas coesas ou compactadas, a formação dessas camadas decorre do trafego intenso de máquinas e equipamentos (VEIGA et. al. 2008). Já Tarawaly et. al. (2004) e Carvalho; Fontes; Costa (1998) cita que a pressão provocada pelo tráfego de máquinas agrícolas altera o arranjo do espaço poroso do solo, modificando a curva característica da infiltração da água contribuindo para a aceleração do escoamento superficial.

A compactação é um processo decorrente das práticas agrícolas que ocasiona degradação das propriedades físicas dos solos, ela se expressa por uma alteração estrutural que causa reorganização das partículas dos agregados, promovendo concomitantemente aumento da densidade do solo e redução da porosidade total e da macroporosidade (STONE GUIMARÃES; MOREIRA; 2002), alterando a disponibilidade de nutrientes e água para as

raízes das plantas, e reduzindo a penetração de raízes além de aumentar a erosão superficial e a energia necessária para o preparo do solo.

De acordo com Silveira; Nóbrega; Baldo (2009) a estrutura do solo pode ser modificada ou melhorada com práticas agrícolas adequadas, através de operações que promovam o revolvimento da camada de solo alterada pela compactação, mais vale ressaltar que isso altera os atributos físicos, ligado a estrutura, havendo um aumento significativo da porosidade e redução da densidade do solo e também uma redução da estabilidade estrutural expondo o solo a perder mais rapidamente as condições naturais.

Corroborando com esse entendimento Tormena; Silva; Libardi (1998) salienta que a estrutura do solo pode ser alterada pelas práticas de manejo, influenciando a produtividade das culturas por meio das modificações na disponibilidade de água, na difusão de oxigênio e na resistência do solo a penetração das raízes, a quantificação e a compreensão dessas práticas sobre a propriedade física do solo são fundamentais no desenvolvimento dos sistemas agrícolas sustentáveis.

De acordo com Kiehl (1979) a porosidade do solo é fundamental para a produção agrícola, vários atributos físicos do solo são utilizados para avaliar seu grau de compactação, entre os quais se destacam a densidade aparente, a porosidade do solo e a resistência à penetração, a densidade tem sido um atributo muito utilizado por ser uma medida quantitativa com razoável sensibilidade e de fácil determinação. Ainda falando de densidade de solo Beutler et. al. (2008) afirma que o mesmo valor de densidade de solo pode indicar que um solo Argissolos está muito compacto enquanto para outro tipo de solo com textura mais arenosa esse valor pode indicar solos menos compacto, portanto mais soltos.

Na concepção Reichardt e Timm (2004) a compreensão da capacidade de infiltração de água no solo e suas relações com as propriedades do solo são de fundamental importância para o eficiente manejo do solo e da água, uma vez que os solos cultivados intensamente por um longo período de tempo pode tornar-se compactados, suscetíveis á perda de material por erosão, apresentar redução de sua permeabilidade, redução na infiltração de água nos horizontes, aumentar a sua densidade e reduzir a macroporosidade, concorrendo para o aumento dos riscos de degradação por erosão e redução da produtividade.

Segundo Fernandes e Ceballos (2005) a capacidade de armazenagem de água no solo está relacionada com a maior ou menor disponibilidade e absorção de água pelas plantas, o que varia consideravelmente, por isso o conhecimento sobre o conteúdo de água no solo em várias profundidades e condições atmosféricas são de suma importância para compreender a modelagem da dinâmica do fluxo da água de superfície e subsuperfície.

Alves; Suzuki; Suzuki (2007) enfatiza que a atividade da monocultura agrícola acelera a degradação do solo concorrendo para a instalação de processos erosivos que muitas vezes se agrava chegando ao ponto de formar ravinas e voçorocas.

Souza e Alves (2003) atribuem ao preparo do solo uma das principais operações de manejo objetivando criar as condições favoráveis ao crescimento e desenvolvimento das culturas, tem a função de aumentar a porosidade da camada superficial do solo, no entanto seu principal efeito é refletido na perda da qualidade da estrutura do solo, levando a sua compactação pelo aumento da densidade e conseqüentemente perda da porosidade refletindo na capacidade de absorção e circulação hídrica em suas camadas.

Na interpretação de Inganamo (2003) sobre as várias características para avaliação da qualidade do solo as principais propriedades e fatores físicos que devem ser levado em consideração são a rede e a distribuição do tamanho de poros, a densidade, a resistência mecânica apresentada, a capacidade de condutividade hidráulica, a distribuição de tamanho de partículas e sua profundidade.

Considerado de grande importância para estudos agronômicos a densidade do solo permite avaliar atributos como porosidade, condutividade hidráulica difusão do ar, e ser usado como indicador do estado de compactação do solo (KIEHL, 1979).

Figueiredo; Ramos; Sousa (2009) afirma que o pisoteio animal e o cultivo intensivo do solo, mesmo quando há rotação de cultura, tende a gerar m desarranjo nas partículas do solo o que pode comprometer a porosidade e diminuir a infiltração de água no solo e como consequência aumentar a compactação, prejudicando assim a cobertura vegetal.

Ainda sobre as propriedades físicas do solo Stenberg (1999) enfatiza que nenhum indicador conseguirá individualmente descrever e quantificar os aspectos de qualidade do solo, visto que há uma relação complexa entre os vários atributos do solo. Doran Parkin (1994) destacam que entre as várias propriedades físicas do solo proposta como indicador básico na avaliação de sua qualidade, a infiltração da água é um dos fenômenos que melhor refletem as condições físicas interna do solo, pois uma boa qualidade estrutural leva a uma distribuição de tamanho de poros favorável ao crescimento das raízes e a capacidade de infiltração de água no solo, este fenômeno de infiltração da água no solo é prejudicado com o aumento da densidade do solo, visto que esse aumento acarreta na redução da macroporosidade.

Costa (2004) ressalta a estrutura do solo como uma característica de grande importância para a interpretação da gênese e a classificação do solo, e fator direto de

influência na capacidade de retenção e movimento de água, da circulação de ar, maior ou menor facilidade de trabalho e suscetibilidade a erosão, a aptidão agrícola, a capacidade produtiva do solo.

Para Kiehl (1979) a água é um dos principais componente do solo, ocupando juntamente com o ar, todo espaço poroso existente, sendo a água o agente que condiciona grande parte das propriedades física, química e biológica do solo, além de funcionar como solvente de nutrientes do solo e como meio de transporte deste até as plantas. Essa água pode ser encontrada no solo ocupando os vazios, ou estar contida em estrutura cristalina dos minerais, entretanto a água de cristalização esta ligada a estrutura cristalina e não pode ser considerada água do solo, pois não está disponível no solo.

Com uma grande contribuição para a temática da porosidade do solo Kiehl (1979) argumenta que um arranjo geométrico das partículas do solo determina a quantidade e a natureza dos poros existente, como a partícula varia em tamanho, forma, regularidade e expansão pela água, os poros diferem consideravelmente, quanto à forma, comprimento, largura, tortuosidade e outras características, a porosidade depende principalmente da textura e da estrutura dos solos. Essa porosidade pode ser definida como sendo o volume de vazio ou ainda o volume de solo não ocupado pela matriz de seus constituintes, desta forma compreende que em um solo úmido saturado pela água sua rede de porosidade estará ocupada.

As características do solo e do clima, juntos irão determinar a forma a intensidade e a qualidade da exploração agrícola assim como a produtividade. Dentre essas características pode-se destacar a textura, que esta relacionada à herança do material originário e das características dos agentes responsáveis pela formação do solo. Ela é considerada a mais importante propriedade física, pois influencia na capacidade do solo em infiltrar e reter a água, na aeração, além de afetar diretamente a capacidade de retenção de nutrientes no solo (MAZUCHOWSKI; DERPSCH, 1984).

Para Bertoni; Lombardi (1999), nenhum solo é composto por uma única fração, e há sempre uma mistura das três, sendo as porcentagens das diversas frações o que diferenciarão os tipos de textura. Solos argilosos caracterizam por apresentar uma boa capacidade de retenção de água, plasticidade e coesão, enquanto que as areias são materiais muito permeáveis, não coerentes e de baixa capacidade de retenção de água (HÉNIN, 1976).

Ainda sobre essa questão Mazuchowski; Derpsch (1984), afirmam que os solos que apresentam textura arenosa possuem drenagem excessiva com baixa capacidade de retenção de água, apresentado também baixo teor de matéria orgânica, sendo portando muito sensíveis à erosão e necessitam de cuidados especiais em questão de manejo.

De acordo com Klein (1998) a infiltração é o processo de circulação da água no sentido vertical e descendente. A capacidade de infiltração da água no solo é afetada por agentes como o tempo, umidade inicial, porosidade, textura, condutividade hidráulica entre outros fatores. Com o passar do tempo a capacidade de infiltração vai diminuindo, tendendo atingir uma taxa constante de infiltração, algumas propriedades físicas do solo, como a textura e a estrutura determinam o fluxo de água em seu interior.

Esse deslocamento de água lateralmente e verticalmente que ocorre no interior do perfil dos solos de acordo com Nóbrega; Cunha (2011) vai ser responsável pelas transformações no sistema pedológico ao longo do perfil de solo e da vertente, criando zonas de perda e de acumulação de material.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Material

3.1.1. Caracterização geral da área de estudo

A área de estudo situa-se no município de Araruna, que está inserido na mesorregião Noroeste do estado do Paraná (IBGE 2009). O município encontra-se entre a latitude de $23^{\circ} 55' 54''$ Sul e $52^{\circ} 29' 47''$ de longitude Oeste (**Figura 1**). Possui uma área de $493,2 \text{ km}^2$ e faz divisas com Jussara, Terra Boa, Peabiru, Campo Mourão, Farol, Tuneiras do Oeste, Cianorte.

A topossequência estudada encontra-se no setor norte do município de Araruna, nas margens da rodovia Bento Fernandes Dias (PR 558), mais especificamente entre os paralelos de $23^{\circ}55'22.93''$ a $23^{\circ}54'57.07''$ de latitude Sul e os meridianos de $52^{\circ}30'54.21''$ e $52^{\circ}31'17.05''$ de longitude Oeste (**Figura 1**).

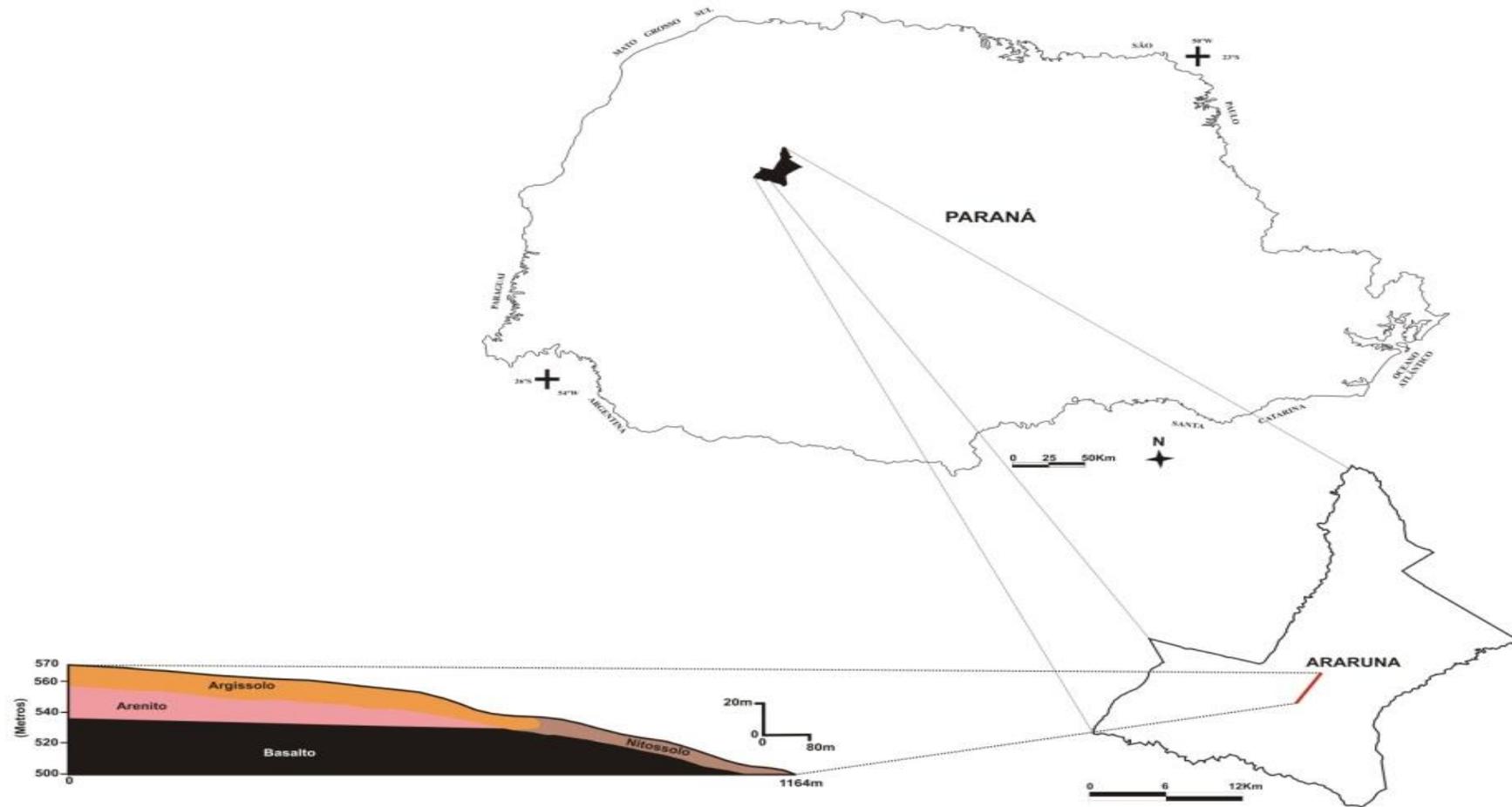


Figura 1- Localização da área de estudo. Elaboração: SILVEIRA, H., 2013.

3.1.2 Aspecto físico

A região noroeste do estado onde está inserido o município de Araruna o relevo apresenta-se pouco movimentado, variando de plano a suave ondulado formado por colinas amplas, com topos extensos e arredondados separado por vales mais ou menos profundos pouco sinuosos e quase retilíneos (BIGARELLA e MAZUCHOWSKI, 1985; MAACK, 2002).

Ainda segundo França Junior (2010) o relevo corresponde à vertentes alongadas, com baixa declividade nos interflúvios e nas médias vertentes, porém apresenta declividades acentuadas próximo das drenagens, favorecendo o desenvolvimento de processos erosivos nesses locais.

3.1.3 Clima

O clima da região de Araruna, segundo a classificação de Köppen é do tipo Cfa, clima subtropical úmido com verões quentes e chuvosos, geadas pouco frequentes e sem estação seca definida. A temperatura média anual varia entre 21°C e 22°C, a precipitação média registrada é varia de 1.600mm à 1.800mm, e a umidade relativa entre 75 a 80% (IAPAR, 2000).

3.1.4 Vegetação

Roderjan et. al. (2002) caracteriza a cobertura vegetal da região como sendo composta pela Floresta Estacional Semidecidual, esse tipo de vegetação perde totalmente ou parcialmente suas folhas durante o inverno. De acordo com Veloso (1992) a vegetação está associada a condições climáticas que predominam nessa região, devido a variação de períodos chuvosos com temperaturas elevadas, intercaladas com períodos de estiagens com temperaturas mais amenas.

3.1.5. Solos

Na área de estudo foram encontradas solos derivado da Formação Caiuá no topo e média vertente e derivado de derrame basáltico na média baixa vertente.

Por se encontrar na área de contato entre as litologias da Formação Caiuá e da Formação Serra Geral foi observado o Argissolo Vermelho, abrupto textura arenosa/média no topo da vertente e Argissolo Vermelho abrupto textura arenosa/argilosa na média vertente ambos derivado do arenito, e na baixa vertente o Nitossolo Latossólico textura argilosa derivado do basalto.

3.1.6. Histórico de ocupação

A colonização do município de Araruna foi realizada a partir da comercialização das terras da Companhia de Terra Norte do Paraná (CTNP), subsidiária da então Paraná Plantation Ltda of London, fundada em 1925, e que adquiriu junto ao governo do estado uma área de 4.806 milhas quadradas de terras na então chamada Nova Terra (CANCIAN, 1981). Essa gleba de terra se estendia entre os rios Tibagi, Paranapoema e o médio Ivaí, essa área ainda estava recoberta pela vegetação natural.

Essa terra adquirida pela companhia foi sendo fracionada em pequenos lotes que variava em tamanho de 3 a 15 alqueires, e sendo vendida a baixo preço e facilidade de pagamentos aos camponeses oriundo principalmente do estado de São Paulo e em menor numero do estado de Minas Gerais e do Nordeste do Brasil, que deslocava para a região em busca de terras para a implantação da lavoura cafeeira (PADIS, 1980).

Araruna foi elevada a distrito, e sua sede, à categoria de vila, em 1952, como Unidade Administrativa de Peabiru. Em 1954, pela Lei nº 3, de 26 de novembro, passou à categoria de município, sendo instalado em 18 de novembro de 1955. A instalação oficial ocorreu em 29 de Novembro de 1955. Atualmente Araruna possui uma população de 13.419 habitantes dos quais 78,06% reside na zona urbana e 21,94% é residente na zona rural, a densidade demográfica é de 27,21 hab./km² (IBGE, 2010).

3.2. Método

O estudo detalhado dos sistemas morfopedológicos foi realizado aplicando-se o método da Análise Estrutural da Cobertura Pedológica proposto por Boulet et. al. (1982a, b, c). A caracterização dos solos foi realizada através de descrição morfológica em campo

segundo os critérios do manual de descrição e coleta do solo no campo (LEMOS; SANTOS, 1996). Para as análises de rotina (densidade de partículas, densidade do solo porosidade total e umidade volumétrica) e hídrica onde foram coletadas amostras referentes aos horizontes A e E e B em cada tipo de solo, ao longo da topossequência.

3.2.1. Ensaio físicos

A determinação da densidade do solo, densidade de partículas, porosidade total, umidade volumétrica e gravimétrica foi realizada de acordo com o manual de métodos de análise do solo (EMBRAPA, 1997).

- Densidade de partículas: método do álcool etílico, utilizando balão volumétrico de 10 ml e 4g de TFSE e expresso em kg/dm^3 .

- Densidade do solo: método do anel volumétrico, expresso em kg/dm^3 .

- Porosidade total: utilizando a expressão: porosidade total = $100 \left(\frac{\text{densidade de partículas} - \text{densidade do solo}}{\text{densidade de partículas}} \right)$, expressa em porcentagem de volume.

3.2.2. Ensaio hídrico

A condutividade hidráulica está relacionada com a velocidade com que a água se movimenta através do solo e também será realizada de acordo com a EMBRAPA (1997), através da fórmula:

$$K_o = \frac{Q \times L}{A \times H \times t}$$

Onde:

K_o = condutividade hidráulica do solo saturado em cm/h ou mm/h;

Q = volume em ml através da amostra, ou seja, o valor da última leitura, num total de 8, uma a cada hora;

L = comprimento da amostra, em cm;

H = é a altura do bloco de solo e da coluna de água;

A = área do cilindro de solo em cm^2 ;

t = tempo em horas

4. Resultados e Discussão

Ao longo da topossequência de solo foram observadas na alta até a média vertente o Argissolo Vermelho abrupto textura arenosa/média. Na média para baixa vertente o Argissolo Vermelho abrupto textura arenosa/argilosa ambos formados a partir do intemperismo da rocha da Formação Caiuá que recobre grandes áreas de terra da região noroeste do estado do Paraná (**Figura 2**). Na baixa vertente foi encontrado o Nitossolo Vermelho latossólico textura argilosa formado a partir do intemperismo das rochas eruptivas vulcânicas básicas da formação Serra Geral que ocorre em toda a extensão do Noroeste do estado do Paraná porém encontra parcialmente recoberta pela Formação Caiuá nos topos das vertentes mais altas. Na área de pesquisa (topossequência) o basalto encontra-se abaixo da cota altimétrica de 530m de altitude (**Figura 2**).

Foi verificado ao longo da topossequência uma variação significativa na dinâmica hídrica o que possibilita a movimentação de materiais como a argila provocando modificações laterais e verticais de vários atributos morfológicos do solo, e a intensificação da arenização de alguns horizontes devido circulação hídrica interna, contribuindo assim para a aceleração das transformações pedogenéticas e a degradação de propriedades físicas, bem como redução da fertilidade do solo gerada pela lixiviação.

Deve-se lembrar também que determinadas características física como a porosidade a densidade do solo e a condutividade hidráulica são parâmetros muito importantes para avaliar se as condições físico-hídricas dos solos são também favoráveis para o desenvolvimento das plantas, assim como a capacidade de armazenamento da água disponível.

A densidade do solo é considerada de grande importância para estudos agrônômicos, pois permite avaliar vários atributos físicos como a porosidade total, a condutividade hidráulica e a difusão do ar, permitindo ainda indicar o estado de compactação do solo. É utilizado geralmente como indicativo da degradação das propriedades morfológicas da cobertura pedológica uma vez que a densidade do solo está intimamente relacionada com a destruição de sua estrutura física, (KIEHL, 1979; AZEVEDO E DALMOLIM 2004; MANOSSO 2006; FIGUEIREDO; RAMOS; TOSTES 2009).

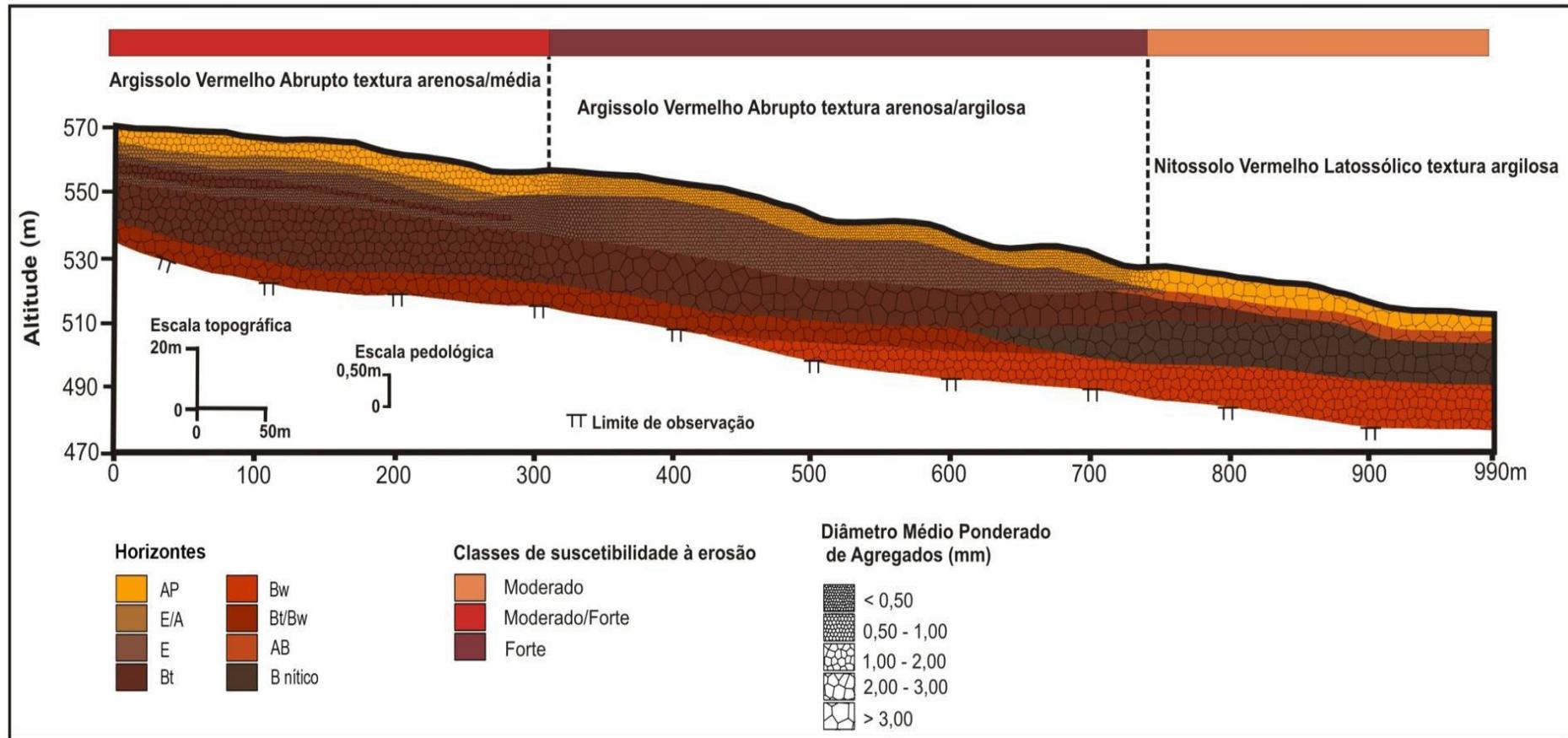


Figura 2 – Distribuição de solos ao longo da toposequência Helce, Araruna-Paraná. Elaboração: BARROS, F. P.; SILVEIRA, H., 2012.

A porosidade total, juntamente como a macro e micro porosidade, e o diâmetro dos grãos de areia interfere na capacidade de condutividade hidráulica dos fluídos que penetram no interior do solo a partir da superfície fornecido principalmente pela água das chuvas ou através de irrigação ao longo dos horizontes.

A relação entre a densidade do solo, porosidade total e condutividade hidráulica (**Quadro 1**) fica evidente na análise dos valores do Argissolo Vermelho abrupto textura arenosa-média, do Argissolo Vermelho abrupto textura arenosa-argilosa e no Nitossolo Vermelho latossólico em todos os horizontes, onde ocorreu redução nos valores de densidade do solo houve aumento na porosidade e conseqüentemente na condutividade hidráulica. Onde ocorreu aumento na densidade do solo ocorreu redução na porosidade e conseqüentemente redução da condutividade hidráulica, nos horizontes que mesmo reduzindo os valores de adensamento não apresentou recuperação da capacidade de condutividade hidráulica pode estar recebendo influencia da relação entre macro e micro porosidade além do diâmetro das partículas que podem estar obstruindo a porosidade.

Quando essas características físico-hídricas são afetadas pelo manejo através de práticas culturais incorretas, ocorre uma alteração da dinâmica da circulação e retenção dessa água nos poros dos solos. Assim diferentes classes de solo apresentam comportamentos variados ao longo de seus horizontes, com relação às propriedades como a densidade de solo, porosidade total e conseqüentemente condutividade hidráulica, essa diferenciação pode ser atribuída às características pedogenéticas e também pela alteração provocada por ações antrópicas, uma vez que o aumento da densidade do solo está relacionado a degradação de sua estrutura física que ocorre principalmente associado a compactação do solo causado pela retirada da vegetação natural e pelo uso intensivo refletindo diretamente na redução da capacidade de condutividade hidráulica contribuindo para a instalação de processos erosivos, diminuição da fertilidade, redução da quantidade de água disponível para as plantas, e perda de solo.

Quadro 1 – Características físicas do solo na topossequência Helce Aruruna-Paraná

Horizontes	Profundidade (cm)	Densidade Solo (g/cm ³)	Densidade Partícula(g/cm ³)	Porosidade Total (%)	Condutividade Hidráulica (mm/h)
ARGISSOLO VERMELHO abrupto textura arenosa/média					
Ap	0-28	1,47	2,52	41,61	67,87
E/A	28-43	1,67	2,52	33,80	6,73
E	43-70	1,57	2,51	37,33	58,26
Bt1	70-78	1,60	2,42	33,73	23,16
Bt2	78-156	1,54	2,34	34,47	54,13
ARGISSOLO VERMELHO abrupto textura arenosa/argilosa					
Ap	0-29	1,35	2,58	47,57	211,91
E	29-108	1,52	2,58	40,93	59,39
Bt	108-188	1,64	2,46	33,27	7,51
Bw	188-230	1,14	2,69	57,67	12,57
NITISSOLO LATOSSOLICO textura argiloso					
Ap	0-27	1,32	2,60	49,06	109,13
A/B	27-46	1,49	2,60	42,78	0,17
B-nítico	46-127	1,43	2,59	44,66	7,86
Bw	127-200	1,14	2,69	57,67	12,57

Tabela 1: Características físicas das classes de solos e estabilidade de agregados (DMP), na topossequencia Helce, Araruna-PR

GRANULOMETRIA (%)					
Horizontes	Profundidade (cm)	Areia	Silti	Argila	Classificação Textural
ARGILOSOLO VERMELHO abrupto textura arenosa/média					
Ap	0-28	86,3	6,8	6,9	Areia-franca
E/A	28-43	86,4	7,2	6,4	Areia-franca
E	43-70	89,8	7,0	3,2	Areia
Bt1	70-78	77,2	6,6	16,3	Franco-arenosa
Bt2	78-156	58,1	5,8	36,2	Argiloarenosa
ARGILOSOLO VERMELHO abrupto textura arenosa/argiloso					
Ap	0-29	89,6	8,0	2,4	Areia
E	29-108	90,2	7,1	2,7	Areia
Bt	108-188	54,8	6,3	38,9	Argiloarenosa
Bw	188-230	60,8	7,1	32,1	Franco-argiloarenosa
NITOSSOLO LATOSSÓLICO textura argilosa					
Ap	0-27	28,1	19,9	52,0	Argila
A/B	27-46	30,1	22,9	47,0	Argila
B-nítico	46-127	22,7	18,6	58,6	Argila
Bw	127-200	24,3	18,2	57,5	Argila

Fonte: O papel da estrutura dos solos na vulnerabilidade à erosão em araruna, região Noroeste do Paraná.

BARROS, F. P.; SILVEIRA, H., 2012. Adaptado por ELIAS, M. J. 2013.

No **Quadro 1** fica evidenciado a influência do manejo sobre a densidade do solo quando se constata que os maiores valores obtidos foram a aproximadamente 30cm de profundidade, ocasionado provavelmente pela compactação causada pelo uso de máquinas e equipamentos pesados, em manejo agrícola realizado no passado pelo sistema de plantio convencional demandando grande quantidade de operações e no sistema atual de plantio direto, além da pastagem que gera compactação pelo pisoteio de animais.

Confirmando a tendência de inter relação entre as propriedades físicas do solo, no Argissolo Vermelho abrupto textura arenosa/média localizado na alta vertente da topossequência a redução da condutividade hidráulica na passagem do horizonte Ap para o E/A que ocorre a 28cm de profundidade foi de 90,08% (**Figura 3**). Dos 67,87mm/h que infiltra no horizonte Ap apenas 6,73mm/h infiltra pelo E/A, colaborando para essa redução temos o aumento da densidade do solo que no horizonte Ap foi de 1,47g/cm², passando para 1,67g/cm² E/A. O aumento da densidade influenciou a redução da porosidade que no horizonte Ap atingia 41,61%, passou para 33,8% no E/A.

Nos horizontes subsuperficial o aumento da quantidade de argila (**Tabela 1**) contribui para a alteração da textura em relação à superfície. No horizonte E1 densidade aparente do solo foi de 1,57g/cm³, a porosidade atingiu 37,33%, a quantidade de argila foi de 3,2% o que permitiu a condutividade hidráulica atingir 58,2 mm/h.

Nos horizontes Bt1 e Bt2 a densidade do solo foi de 1,60g/cm³, e 1,54g/cm³ e a porosidade 33,73% e 34,47% respectivamente, e a condutividade para os mesmo horizontes foi, 23,16mm/h e 54,13mm/h.

Entretanto ao comparar a condutividade hidráulica do horizonte E para o Bt1 (**Figura 3**) pode-se observar uma redução de 60,24%, enquanto que há um aumento do teor de argila de 3,2% (E) para 16,3% (Bt) reafirmando a problemática do truncamento da circulação hídrica subsuperficial comum dos horizontes B textural dos argissolos.

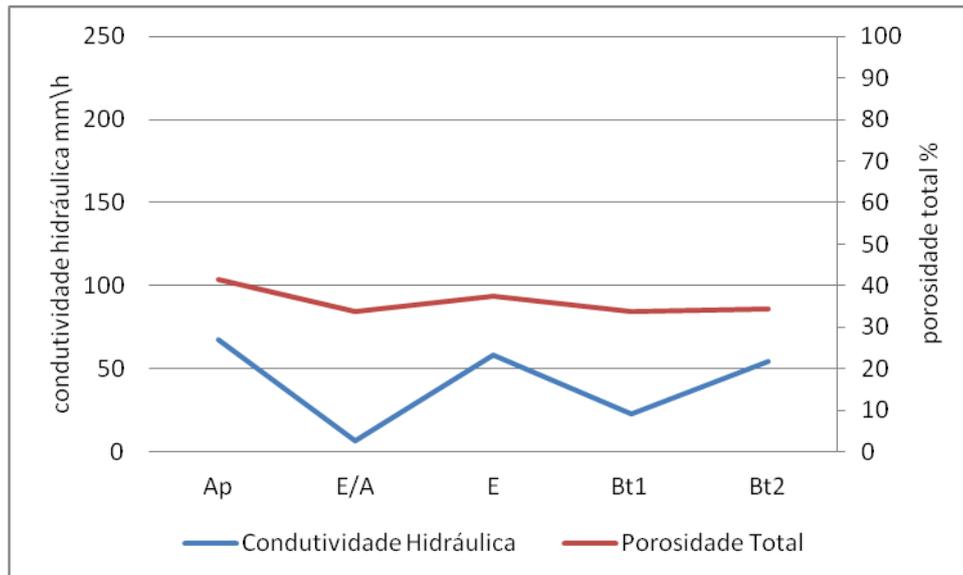


Figura 3 - Relação entre condutividade hidráulica e porosidade no Argissolo

Vermelho abrupto textura arenosa/média

Fenômeno semelhante tanto em superfície como em subsuperfície ocorreu no Argissolo Vermelho abrupto textura arenosa/argilosa localizado na media baixa vertente, na profundidade de 28cm onde houve uma significativa redução na condutividade que atingiu 71,97% (**Figura 4**), ou seja, dos 211,91mm/h que infiltrou pelo horizonte Ap apenas 59,39mm/h infiltrou pelo horizonte E. Notou-se também que a densidade do solo passou de 1,35g/cm³, no horizonte Ap para 1,52g/cm³ no E fazendo com que a porosidade variasse de 47,57% para 40,93% no respectivos horizontes.

No horizonte Bt a densidade do solo atingiu o maior valor desse perfil 1,64 g/cm³, fazendo com que a porosidade também atingisse o menor resultado, 33,27%, assim como a condutividade que chegou a 7,51mm/h. Nesse horizonte, o teor de argila foi de 38,9%.

No horizonte Bw ocorreu diminuição significativa dos valores de densidade do solo atingindo 1,14g/cm³, a porosidade aumentou, chegando a 57,67% e consequentemente a condutividade hidráulica aumentou para 12,57mm/h (**Figura 4**), seguindo uma tendência de redução do teor de argila que foi 32,1%.

Para expressar o truncamento característico do horizonte Bt procedeu-se a comparação entre os valores de argila do horizonte E com 2,7%, para o Bt com 38,9% (**tabela 1**) (**quadro 1**) e essa variação significativa da textura se refletiu na condutividade hidráulica que reduziu em 87,35% entre o E e o Bt. (**Figura 4**). Essa redução brusca da condução da água no solo contribui para a aceleração dos processos de erosão interna. Com a diminuição dos teores de

argila do horizonte Bt para o Bw (**Tabela 1**) ocorre recuperação melhora na condutividade hidráulica comprovada essa tendência através do aumento de 67,37%, evidenciando assim a influência da composição granulométrica para na infiltração.

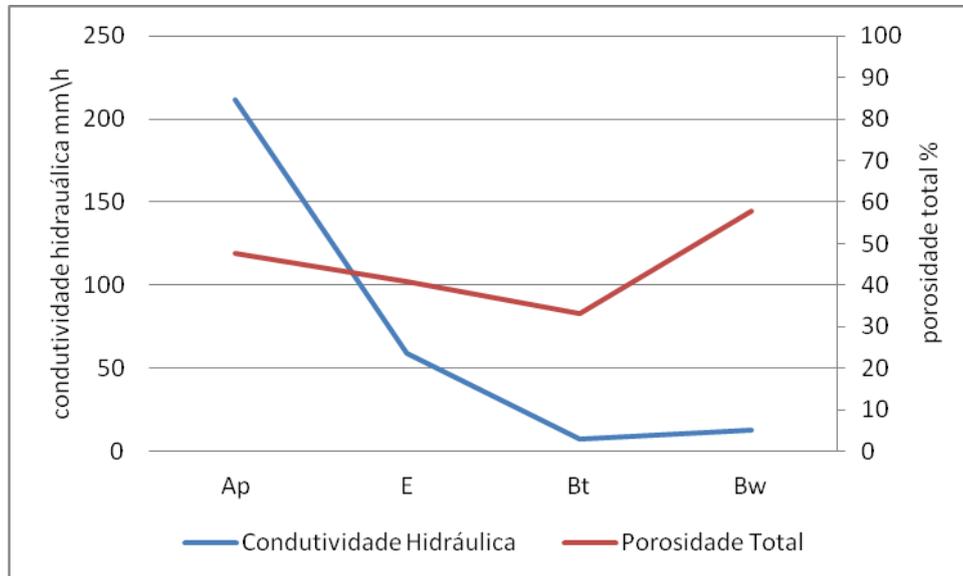


Figura 4 - Relação entre condutividade hidráulica e porosidade no Argissolo

Vermelho abrupto textura arenosa/argilosa.

No Nitossolo Latossólico textura argilosa, derivado do intemperismo de rochas basálticas presente na baixa vertente da topossequência a redução da condutividade hidráulica que ocorre na transição entre o horizonte Ap e A/B na profundidade de 27 cm a foi ainda maior se comparado as demais classes de solo da topossequência chegando a uma redução de 99,84%, (**Quadro 1**). Dos 109,13mm/h que infiltrou pelo horizonte Ap apenas 0,17mm/h infiltrou pelo A/B (**Figura 5**), associado a essa redução ocorreu o acréscimo da densidade do solo que passou de 1,32g/cm³ no horizonte Ap para 1,49g/cm³ no A/B e conseqüentemente redução da porosidade passando de 49,06% no horizonte Ap para 42,78% no A/B.

No horizonte B-nítico a densidade do solo diminuiu para 1,43g/cm³, a porosidade aumentou para 44,66% proporcionando uma recuperação na capacidade de circulação hídrica que atingiu 7,86mm/h, ou seja 46 vezes superior ao horizonte A/B que foi de apenas 0,17mm/h. No horizonte Bw a densidade de solo foi à menor do perfil em questão (1,14g/cm³), a porosidade atingiu 57,67% contribuindo para aumentar a condutividade hidráulica que foi de 12,57mm/h,

Comparando os teores de argila no Nitossolo Vermelho Latossólico textura argilosa verificou-se pequenas variações entre os horizontes, entretanto o B-nítico apresentou valor

superior ao Bw (**Tabela 1**), acenando um truncamento da capacidade de condutividade hidráulica de 37,47% (**Figura 5**) em relação ao Bw.

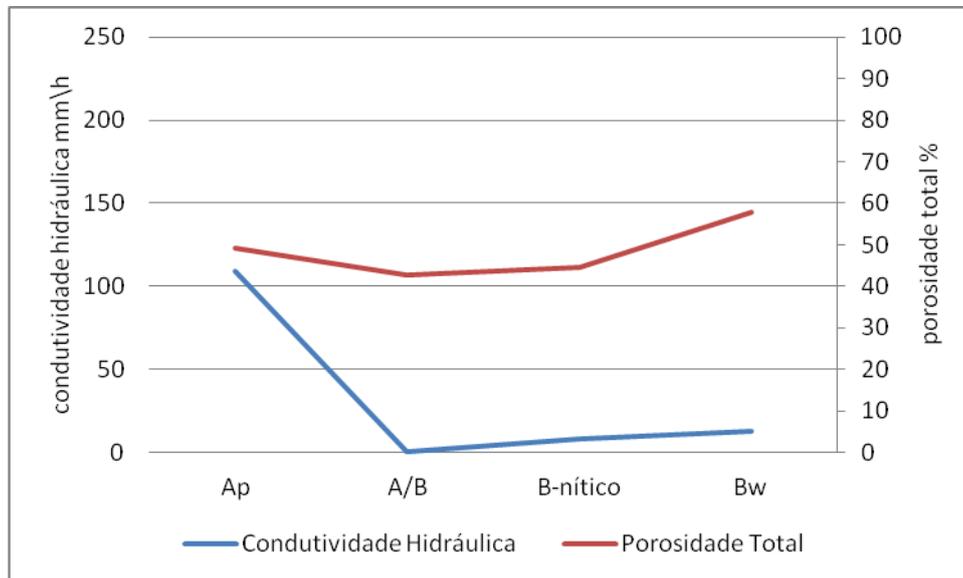


Figura 5 - Relação entre condutividade hidráulica e porosidade no Nitossolo

Latossólico textura agiloso.

A redução da condutividade hidráulica do solo ocasionada pelo adensamento e conseqüentemente diminuição do espaço poroso, gera um truncamento na circulação vertical dos fluidos do solo desencadeando e acelerando processos erosivos superficiais e subsuperficiais, pois a capacidade de drenagem torna inferior a quantidade de água fornecida pela chuva, esse excesso tendo a circular lateralmente.

Esse processo de truncamento da capacidade de condutividade hidráulica vai estar associado ao adensamento do solo gerado pela compactação decorrente do manejo agrícola nas camadas superiores dos perfis de solo (**Quadro 1**) ocorrendo a uma profundidade média de 30 cm aproximadamente, enquanto que a composição granulométrica principalmente o aumento dos teores de argila nos horizontes Bt e B-nítico vão controlar a intensidade desse processo.

Autores como Bocquier (1973), Bulet (1974), Chauvel (1977), Ruellan (1985) e Ruellan et. al. (1989), Gasparetto (1999), Martins, (2000) e Martins et. al. (2012), Cunha, (1996, 2002) e Nakashima (1999), afirma que as transformações que ocorrem nos solos tropicais estão associadas principalmente a capacidade de percolação de fluido no interior dos horizontes dos solos, essa circulação acontece tanto no sentido vertical dos horizontes superficiais para os subsuperficiais quanto no sentido lateral ao longo da vertente.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As características físicas observadas nos perfis de solo analisado demonstraram ampla inter relação entre a densidade aparente do solo a porosidade total e a condutividade hidráulica e também a granulometria principalmente no horizontes Bt e B-nítico.

Outra tendência observada com os resultados das análises laboratoriais foi à redução da condutividade hidráulica nos horizontes subsuperficiais na profundidade de aproximadamente de 30 cm acenando para um elevado grau de compactação. Essa compactação pode ter sido gerada pelo uso intenso de maquinas no manejo agrícola o qual foi implantado em toda a região.

Outra zona de redução da condutividade hidráulica foi verificada nos topos dos horizontes Bt dos Argissolos e no B-nítico do Nitossolo ocasionada principalmente pelo acumulo e elevação dos teores de argila.

A redução da condutividade hidráulica do solo ocasionada pelo adensamento e conseqüentemente diminuição do espaço poroso, gera um truncamento na circulação vertical dos fluidos do solo desencadeando e acelerando processos erosivos superficiais e subsuperficiais, pois a capacidade de drenagem torna inferior a quantidade de água fornecida pela chuva, esse excesso tendo a circular lateralmente.

A relação entre a densidade do solo, porosidade total e condutividade hidráulica fica evidente na análise dos valores do Argissolo Vermelho abrupto textura arenosa-média, do Argissolo Vermelho abrupto textura arenosa-argilosa e no Nitossolo Vermelho latossólico em todos os horizontes, onde ocorreu redução nos valores de densidade do solo houve aumento na porosidade e conseqüentemente na condutividade hidráulica. Onde ocorreu aumento na densidade do solo ocorreu redução na porosidade e conseqüentemente redução da condutividade hidráulica, nos horizontes que mesmo reduzindo os valores de adensamento não apresentou recuperação da capacidade de condutividade hidráulica pode estar recebendo influencia da relação entre macro e micro porosidade além do diâmetro das partículas que podem estar obstruindo a porosidade.

O conhecimento da dinâmica física-hídrica dos horizontes dos solos ao longo de uma vertente proporciona um entendimento melhor dos processos que ali se instalam, possibilita

realizar ações de recuperação de áreas degradadas, e desenvolver técnicas de manejo agrícola e urbano visando minimizar os impactos, principalmente em solos de textura arenosa/média e arenosa/argilosa que são os mais suscetíveis a erosão hídrica na região Noroeste do estado do Paraná.

REFERÊNCIAS

- ALVES, M. C.; SUZUKI, L. G. A. S. e SUZUKI, L. E. A. S. *Densidade do solo e infiltração de água como indicadores da qualidade física de um Latossolo Vermelho distrófico em recuperação*. Revista Brasileira de Ciências do Solo, Viçosa v.31, p. 617-625, 2007
- AZEVEDO, A. C. e DALMOLIN, R. S. D. *Solos e Ambiente: uma Introdução*. Editora Pallotti, Santa Maria (RS), 2004.
- BERTONI, J. e LOMBARDI, F. N. *Conservação do Solo*. Editora Ícone. São Paulo, p. 355, 1999.
- BEUTLER, A. N.; CENTURION, J. F.; SILVA, A. P.; CENTURION, M. A. P. C.; LEONEL, C. L. e FREDDI, O. S. *Soil compaction by machine traffic and least limiting water range related to soybean yield*. Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.43 p.1591-1600, 2008
- BIGARELLA, J.J. & MAZUCHOWSKI, J.Z. *Visão Integrada da problemática da erosão*. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSAO, v.3, Maringá, p.322, 1985.
- BOCQUIER, G. *Genèse et évolution de deux toposéquences de sols tropicaux Du Tchad*. Paris: ORSTOM, p.350, 1973
- BOULET, R. *Toposéquences de sols tropicaux en Haute Volta. Équilibre et déséquilibre pedobioclimatique*. Tese – Université de Strasbourg, Paris. P 272, 1974.
- BOULET, R.; CHAUVEL, A.; HUMBEL, F. X.; LUCAS, Y. *Analyse Structurale et Cartographie en Pedologie*. Cah. ORSTOM Sér. Pedol. Vol. 19, n° 4, p. 309-321, 1982a.
- BOULET, R.; HUMBEL, F. X.; LUCAS, Y. *Analyse Structurale et Cartographie en Pedologie. II. Une Méthode d'analyse prenant en compte l'organisation tridimensionnelle des couvertures pédologiques*. Cah. ORSTOM. Sér. Pédol., vol. 19, n° 4, p. 323-339, 1982b.
- BOULET, R.; HUMBEL, F. X.; LUCAS, Y. *Analyse Structurale et Cartographie en Pedologie. III. Passage de la phase analytique à une cartographie générale synthétique*. Cah. ORSTOM. Sér. Pédol., vol. 19, n° 4, p. 344-351, 1982c.
- CANCIAN, N. A. *Cafecultura paranaense – 1900/1970*. Curitiba: Grafipar, p.140, 1981.
- CHAUVEL, A. *Recherches sur la transformation des sols ferrallitiques de la zone tropicale à saisons contrastées*. Tese - Université de Strasbourg. Paris, p.532, 1977.
- CARVALHO JR., I. A.; FONTES, L. E. F.; COSTA, L. F. *Modificações causadas pelo uso e a formação de camadas compactadas e, ou, adensadas em um Latossolo Vermelho-Escuro textura média, na região do Cerrado*. Revista Brasileira de Ciência do Solo Viçosa v. 22, p.505-514, 1998.
- COSTA, J. B. *Caracterização e Constituição do Solo*. Fundação Calouste Gulbenkian. Lisboa, 2004.

CUNHA, J. E. *Caracterização morfológica (macro e micro) e comportamento físico-hídrico de duas toposseqüências em Umuarama (PR): subsídios para avaliação dos processos erosivos*. USP-FFLCH, Departamento de Geografia, São Paulo, Dissertação de Mestrado, 1996.

CUNHA, J. E.; CASTRO S. S.; SALOMÃO F. X. T. *Comportamento erosivo de um sistema pedológico de Umuarama, Noroeste do estado do Paraná*. Revista Brasileira de Ciências do Solo. Viçosa, v. 23, p. 943-951, 1999.

DERPSCH, R.; ROTH, C. H.; SIDIRAS, N. e KOPKE, U. *Controle da erosão no Paraná, Brasil: sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo*. Eschborn, Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit, p. 272, 1991.

DORAN, J. W. & PARKIN, T. B. *Defining and assessing soil quality*. In: DORAN, J. W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F. & STEWART, B. A., *Defining soil quality for a sustainable environment*. Madison, ASA, CCSA, SSSA, p.3-21, 1994.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de solos. Rio de Janeiro, 1999, 412 p. _____ . Manual de Métodos de Análise de Solo. Rio de Janeiro, SNLCS, 1997.

FRANÇA JUNIOR, P. *Análise do uso e ocupação da bacia do córrego Pinhalzinho II utilizando geoindicadores, Umuarama-PR, 1970-2009*. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Estadual de Maringá-PR. Maringá, 2010.

FIGUEIREO, C. C.; RAMOS, M. L. G.; TOSTES, R. *Propriedades físico-hídricas em Latossolo do Cerrado sob diferentes sistemas de manejo*. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.13, p.146-151, 2009.

GASPARETTO, N. V. L. *As Formações Superficiais do Noroeste do Paraná e sua Relação com o Arenito Caiuá*. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Geoquímica e Geotectônica. Universidade de São Paulo – Instituto de Geociências. São Paulo, 1999.

GASPARETTO, N. V. L.; NAKASHIMA, P.; NÓBREGA, M. T. *Caracterização do meio físico. Subsídios para o planejamento urbano e periurbano de Cidada Gaúcha-PR*. DGE/UEM-SUCEAM/FAMEPAR, Maringá, p.49, 1994.

GASPARETTO, N. V. L.; SOUZA, M. L. *Contexto geológico geotécnico da formação Caiuá no terceiro planalto paranaense - PR*. In: ENCONTRO GEOTÉCNICO DO TERCEIRO PLANALTO PARANAENSE, Maringá, 2003. Anais. Maringá, ENGEOPAR, p.53-65, 2003.

HÉNIN, S. *Os Solos Agrícolas*. (Tradução de Orlando Valverde). Forense Universitária. São Paulo, 1976.

IAPAR (Instituto Agrônômico do Paraná). *Cartas Climáticas do Paraná, 2000*. Disponível em: <<http://www.iapar.br/>>.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas) *Divisão territorial 2009*. 2009. Disponível em ftp://geoftp.ibge.gov.br/organizacao/divisao_territorial/2009.

_____. *Histórico do Município de Araruna*. 2010. Disponível em: <
<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/dtbs/parana/araruna.pdf>>

INGANAMO, O. E. *Indicadores físicos de la degradación del suelo*. Tese de Doutorado, La Coruña, Universidade da Coruña, p.298, 2003.

KIEHL, E. J. *Manual de Edafologia – Relações Solo-Planta*. Editora Agronômica Ceres, São Paulo, 1979.

KLEIN, V. A. *Propriedades físico-hídrico-mecânicas de um Latossolo Roxo, sob diferentes sistemas de uso e manejo*. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Tese de Doutorado, p.150, 1998.

KÖEPPEN, W, *Climatologia Con un Estudio de los Climats de la Tierra*. FCE, México, 1948

LEMO, R. C. e SANTOS, R. O. *Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo*. Sociedade Brasileira de ciência do Solo. 3ª Ed. Campinas, 1996.

MAACK, R. *Geografia física do Estado do Paraná*. Editora Paraná. 3ª Ed. 2002.

MANOSSO, D. C. C. *A degradação das propriedades físicas dos latossolos vermelhos distróficos em decorrência dos diferentes usos agrícolas em Florai-Pr*. Dissertação Mestrado, Universidade Estadual de Maringá, 2006.

MARTÍNEZ-FERNANDEZ, J. e CEBALLOS, A. *Mean soil moisture estimation using temporal stability analysis*. Journal of Hydrology, v.312, p.28-38, 2005.

MARTINS, V. M. *Caracterização morfológica e da circulação hídrica dos solos da cabeceira de drenagem do Córrego Bom Jesus no município de Cidade Gaúcha-PR*. Dissertação de Mestrado DG/FFLCH/USP, São Paulo, 2000.

MARTINS, V. M.; CUNHA, J. E. C.; CASTRO, S. S. C. *diagnóstico do comportamento hídrico em latossolo vermelho*, VII Simpósio Nacional de Controle de Erosão. Goiânia, p. 01-04, 2001.

MARTINS, V. M.; GASPARETTO, N. V. L.; CASTRO, S. S.; SANTOS, M. L. *O sistema pedológico LV-PV-RQ e a erosão na região noroeste do Estado do Paraná, Brasil*. In: BATEIRA, C; SOARES, L.; GOMES, A.; CHAMINÉ, H. I. (Orgs.). Geomorfologia. 1 ed. Porto: Sersilito Empresa Gráfica, v. VII, p. 115-124, 2012.

MAZUCHOWSKI, J. Z. e DERPSCH, R. *Guia de Preparo do Solo para Culturas Anuais Mecanizadas*. ACARPA. Curitiba, p.68, 1984.

NAKASHIMA, P. *Sistemas Pedológicos da Região Noroeste do Estado do Paraná: Distribuição e Subsídios para o Controle da Erosão*. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. São Paulo, 1999.

NAKASHIMA, P. e NÓBREGA, M. T. *Solos do Terceiro Planalto do Paraná*. Anais do Primeiro Encontro Geotécnico do Terceiro Planalto Paranaense (Engeopar).Maringá,2003.

- NÓBREGA, M. T.; CUNHA, J. E. . *A paisagem, os solos e a suscetibilidade à erosão*. Espaço Plural (Unioeste), v. 25, p. 63-72, 2011.
- PADIS, Pedro Calil. *Formação de uma Economia Periférica: o caso do Paraná*. São Paulo, Hucitec, p.83,1980.
- QUEIROZ NETO, J. P. *Análise estrutural da cobertura pedológica: Uma experiência de ensino e pesquisa*. Revista Departamento de Geografia USP, v.15, p.77-90, 2002.
- REICHARDT, K.; TIMM, L. C. *Solo, planta e atmosfera: conceitos, processos e aplicações*. Barueri, Editora Manole, p.478, 2004.
- RODERJAN, C. V.; GALVÃO, F.; KUNIYOSHI, Y.S. e KATSCHBACK, G.G. *As unidades fitogeográficas do Estado do Paraná*. Ciência & Ambiente. v.24.2002.
- RUELLAN, A. Les apports de la connaissance des sols intertropicaux au développement de la pédologie: la contribution des pédologues français. *Catena*, Braunschweig, v. 12, n. 1, p. 87-88, 1985
- RUELLAN, A.; DOSSO, M.; FRITSCH, E. *L'analyse structurale de la couverture pédologique*. Science du Sol, v. 27, p. 319-334, 1989.
- SALOMÃO, F. X. T. & QUEIROZ NETO, J. P. *Dinâmica hídrica dos solos de Bauru (São Paulo- Brasil) aplicada ao manejo*. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, Águas de Lindóia, 1996.
- SILVEIRA, H.; NOBREGA, M. T.; BALDO M.C. *A estabilidade de agregados em latossolos e argissolos derivados do arenito caiuá na região noroeste do estado do Paraná-Brasil*. Sinergismus scyentifica. UTF-PR, Pato Branco PR , 2009.
- SOUZA, Z. M.; ALVES, M. C. *Propriedades químicas de um Latossolo Vermelho distrófico de cerrado sob diferentes usos e manejos*. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.27, n.1, p.133-139, 2003.
- STENBERG, B. *Monitoring soil quality of arable land: Microbiological indicators*. Soil Plant Science, v.49 p.1-24, 1999.
- STONE, L. F.; GUIMARÃES, C. M.; MOREIRA, J. A. A. *Compactação do solo na cultura do feijoeiro. I: Efeitos nas propriedades físico-hídricas do solo*. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.6, p.207-212, 2002.
- TARAWALY, M. A.; MEDINA, H.; FRÓMETA, M. E e ITZA, C. A. *Field compaction at different soil-water status: effects on pore size distribution and soil water characteristics of a Rhodic Ferralsol in Western Cuba*. Soil Tillage Res., v.76 p.95-103, 2004.
- TORMENA, C. A.; SILVA, A. P. & LIBARDI, P. L. *Caracterização do intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Roxo sob plantio direto*. Revista Brasileira de Ciências do Solo, Viçosa, v.22 p.573-581, 1998.

VEIGA, M.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; KAISER, D. R. *Short and long-term effects of tillage systems and nutrient sources on soil physical properties of a Southern Brazilian Hapludox*. Revista Brasileira de Ciências do Solo, v. 32. p.1437-1446, 2008.

VELOSO, H. P. *Sistema fitogeográfico*. In *Manual técnico da vegetação brasileira*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro. p. 9-38. 1992.

