

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
MESTRADO EM GEOGRAFIA**

HENRIQUE AMORIM MACHADO

**COMPORTAMENTO DO CARBONO ORGÂNICO EM ÁREA ÚMIDA DO
CERRADO (Vereda do Córrego Beija-Flor, Uberlândia/MG)**

Uberlândia
2014

HENRIQUE AMORIM MACHADO

**COMPORTAMENTO DO CARBONO ORGÂNICO EM ÁREA ÚMIDA DO
CERRADO (Vereda do Córrego Beija-Flor, Uberlândia/MG)**

Dissertação de Mestrado apresentada ao
Programa de Pós-graduação em
Geografia da Universidade Federal de
Uberlândia, como parte dos requisitos
para obtenção do título de Mestre em
Geografia.

Área de Concentração: Análises
Ambientais

Orientadora: Profa. Dra. Vânia Silvia
Rosolen

Uberlândia
2014

HENRIQUE AMORIM MACHADO

COMPORTAMENTO DO CARBONO ORGÂNICO EM ÁREA ÚMIDA DO
CERRADO (Vereda do Córrego Beija-Flor, Uberlândia/MG)

Dissertação de Mestrado apresentada ao
Programa de Pós-graduação em
Geografia da Universidade Federal de
Uberlândia, como parte dos requisitos
para obtenção do título de Mestre em
Geografia.

Área de Concentração: Análises
Ambientais

Uberlândia, _____ de _____ de 2014.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Vânia Silvia Rosolen - UFU

Prof. Dr. Guilherme Taitson Bueno – PUC Minas

Prof. Dr. Elias Nascentes Borges – UFU

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

M149c Machado, Henrique Amorim, 1989-
2014 Comportamento do carbono orgânico em área úmida do cerrado (Vereda
do Córrego Beija-Flor, Uberlândia/MG)/ Henrique AmorimMachado. –
2014.

90p. : il.

Orientadora: Vânia Silvia Rosolen.
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Uberlândia,
Programa de Pós-Graduação em Geografia.
Inclui bibliografia.

1. Geografia - Teses. 2. Cerrado -Uberabinha, Rio (MG) - Teses. 3.
Carbono - Aspectos ambientais - Teses.I. Rosolen, Vânia
Silvia.II.Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação
em Geografia. III. Título.

CDU: 910.1

AGRADECIMENTOS

À CAPES pelo incentivo financeiro que tanto me possibilitou continuar os estudos;

Agradeço à minha orientadora, Professora Vânia Rosolen, com quem aprendi muito e tenho uma gratidão imensa por todos os ensinamentos, dentro e fora da Geografia;

À Terezinha Amorim, mãe e amiga para todas as horas, que me ensinou a sempre tentar ser um homem de bem;

Ao Francisco Machado, meu grandioso pai, responsável pelos melhores valores que carrego comigo, por ter me dado força e mostrado o caminho;

Ao Raphael Machado por ser meu exemplo e inspiração, pelos conselhos e grande amizade;

À Risely, um abraço apertado e meus sinceros agradecimentos por possibilitar a conclusão desta pesquisa. Muito mais que uma amiga, uma irmã baiana cheia de alegria e amor que tanto me ajudou nesta fase;

Ao Marco Aurélio, um sábio, guru, professor, médico da alma, psicólogo e tantas outras coisas. Meus sinceros agradecimentos pela ajuda e pelas palavras de estímulo;

À Fernanda Martins e Mariana Velasque por serem minhas companheiras, confidentes e cúmplices de tantas risadas e momentos bons;

Aos amigos da pós graduação, com quem tanto aprendi na convivência dentro e fora da sala de aula: Marcelo, Laís, Juliana, Giliander, Renato, Mariana, Diogo, Danni, Dane e todos que me fizeram uma pessoa melhor desde que entrei no mestrado. Aos amigos da graduação pela mesma importância nesta conquista: Ingrid, Nayara, Monica, companheiros da Maloca... E aos amigos da mocidade espírita Lar de Maria, que transformou meus sábados para nossa alegria.

Ao LAMAS/ICIAG-UFU que viabilizou toda a infra estrutura de pesquisa e aprendizado. Ao LAPED/ICIAG-UFU, que disponibilizou seu espaço e materiais para realização de alguns experimentos. Aos usuários do Museu de minerais e rocha, que tiveram a paciência de conviver com minhas amostras;

Ao professor Nishiyama pelas suas contribuições na fase de qualificação e pelos ensinamentos em campo e sala de aula.

Ao professor Guilherme Taitson Bueno por aceitar participar da banca de defesa e contribuir para a conclusão deste trabalho.

Ao professor Elias Nascentes Borges que foi como um pai dentro da Agronomia, me auxiliando, ensinando e indicando os melhores caminhos. Minha imensa gratidão por ter confiado em mim e proporcionado tantas experiências valorosas na minha trajetória.

E todos aqueles que passaram por minha vida, que mesmo sem saber, me ajudaram a atingir esta importante conquista. A minha vitória se baseia neste auxílio diário que recebo de todos aqueles que me querem bem. E a estes, confio minha eterna gratidão.

RESUMO

As áreas úmidas se tornaram foco da atenção internacional desde 1971, com a primeira conferência mundial voltada exclusivamente para esse tema. Desde então, vem se consolidando como uma importante área de pesquisa, graças principalmente à sua transdisciplinaridade e complexidade, o que permite a contribuição de diversos ramos da ciência moderna. A pedologia nesse contexto visa compreender as dinâmicas que contribuem para a gênese e evolução dos solos nessas paisagens, buscando formas de utilização racional e metodologias para assegurar o mínimo impacto do uso antrópico nas áreas circundantes. O carbono orgânico do solo é utilizado como um importante indicador de sustentabilidade do ecossistema, sendo bastante sensível a mudanças de curto prazo provocadas por mudanças no meio, sejam elas de origem natural ou antrópica. O objetivo desta pesquisa foi identificar os padrões de acumulação de carbono orgânico dentro da área úmida, analisando tanto na vertical, com as diferentes profundidades de análise, quanto na horizontal, com os pontos distribuídos a partir da topossequência, relacionando-os com a dinâmica do lençol freático e as propriedades físicas do solo. A pesquisa foi realizada na chapada do alto curso do Rio Uberabinha, localizada entre os municípios de Uberlândia e Uberaba/MG, na região administrativa do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba. O carbono orgânico foi quantificado a partir do método de combustão, enquanto as frações húmicas foram quantificadas por meio do método de solubilidade diferencial e titulação. Foram distribuídos seis pontos em topossequência com quatro profundidades de coleta: 0-10; 10-20; 20-30; e 30-50 cm. Os teores de carbono encontrados na área de estudo variaram de 1,7% a 17,7%, concentrando preferencialmente nos pontos mais à jusante e mais próximos à superfície. Conforme o lençol freático se distancia da superfície e a condição de oxidação da matéria orgânica é retomada, os teores de carbono decrescem. Na fração humina, o carbono orgânico apresentou uma dinâmica semelhante à do carbono orgânico total, concentrando mais em superfície e decrescendo de acordo com o rebaixamento do lençol; na fração do ácido húmico, o teor de carbono orgânico variou de 0,4% a 2,7%, com uma dinâmica diferente da observada no carbono orgânico total, devido às suas condições de solubilidade; e na fração do ácido fúlvico, o carbono orgânico variou de 0,1% a 2,4%. Com a pesquisa, ficou clara a influência da umidade sobre a decomposição da matéria orgânica, mostrando que qualquer alteração nos níveis médios do lençol freático tem grande impacto nas dinâmicas e nos processos envolvendo a mineralização do carbono orgânico das áreas úmidas da chapada.

Palavras-chave: Área Úmida. Carbono Orgânico. Solos. Substâncias Húmicas

ABSTRACT

Wetlands have become a focus of international attention since 1971, with the first global conference dedicated exclusively to this topic. Since then, it has consolidated as an important area of research, thanks to its transdisciplinarity and complexity, which allows a contribution of various branches of modern science. The pedology in this context aims to understand the dynamic that contribute to the genesis and evolution of soils in these landscapes, seeking ways to rational use and methodologies to ensure minimal impact of anthropogenic use in the surrounding areas. The soil organic carbon is used as an important indicator of ecosystem sustainability, being very sensitive to short-term changes caused by changes in the middle, either natural or anthropogenic origin. The objective of this research was to identify the standard accumulation of organic carbon within the wetland, analyzing both vertically, with different depths of analysis, or horizontally, with the points distributed from the toposequence, relating them to the dynamics of groundwater and soil physical properties. The survey was conducted on the upper course plateau of Uberabinha River, located between the cities of Uberlândia and Uberaba. Minas Gerais, administrative region of Triângulo Mineiro and Alto Paranaíba. Brazil. The organic carbon was quantified from the combustion method, while the humic fractions were quantified by the differential solubility and titration method. Six points were distributed in topossequence, with four collection depths: 0-10; 10-20; 20-30; and 30-50 cm. Carbon percentage found in the study area ranged from 1.7% to 17.7%, preferably concentrating on points downstream and closer to the surface. As groundwater moves away from the surface and the oxidation condition of organic matter is taken up, the carbon content decreases. In humin fraction, organic carbon has shown a similar dynamics to the total organic carbon, concentrating more on the surface and decreasing according to the groundwater debasement; in the fraction of humic acid, the organic carbon percentage ranged from 0.4% to 2.7%, with a different dynamic observed in the total organic carbon, due to its solubility conditions; and in the fraction of fulvic acid, organic carbon ranged from 0.1% to 2.4%. Through research, it was evident the influence of humidity on the decomposition of organic matter, showing that any change in average levels of groundwater have a major impact on the dynamics and processes involving the mineralization of organic carbon in plateau wetlands.

Keywords: Wetland. Organic Carbon. Soils. Humic Substances.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Classificação estadunidense para as áreas úmidas	21
Figura 2 – Configurações geomorfológicas para as áreas úmidas.....	26
Figura 3 – Regime hidrológico e ciclo do carbono.....	34
Figura 4 – Fatores climáticos e a interferência na ciclagem do carbono orgânico do solo.....	35
Figura 5 – Influência da vegetação no ciclo do carbono	36
Figura 6 – Ionização do coloide orgânico.....	37
Figura 7 – CTC de alguns coloides em condições de pH neutro.....	40
Figura 8 – Distribuição dos pontos e profundidade das coletas	49
Figura 9 – Localização da área de estudo	50
Figura 10 – Triângulo textural para classificação dos solos, segundo sua granulometria	54
Figura 11 – Toposequência com os teores de Carbono Orgânico Total do solo	69
Figura 12 – Teor de carbono na fração ácido húmico	74
Figura 13 – Teor de carbono na fração ácido fúlvico	77

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Área implantada (ha) pelo ProVárzeas entre 1981 e 1986.....	23
Tabela 2 – Distribuição das médias das frações granulométricas nos pontos de coleta.....	58
Tabela 3 – Carbono Orgânico Total do solo.....	65
Tabela 4 – Teor de carbono na fração humina.....	72
Tabela 5 – Teor de carbono na fração ácido húmico	75
Tabela 6 – Teor de carbono na fração ácido fúlvico.....	76
Tabela 7 – Síntese do carbono orgânico das substâncias húmicas.....	78

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Delimitação do entorno protetivo segundo a resolução conjunta Ibama/Sema/IAP	29
Quadro 2 – Evolução conceitual das áreas úmidas e os reflexos na legislação ambiental brasileira	31
Quadro 3 – Síntese dos procedimentos de preparo das amostras para análises laboratoriais.....	51
Quadro 4 – Escala de cinza correspondente aos teores de COS	52

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Matriz energética brasileira em 1970	15
Gráfico 2 – Climograma da fazenda Letreiro (médias de 1975 a 2010), localizada na chapada a 42 km da área de estudo	42
Gráfico 3 – Profundidade do lençol freático em uma área de nascente na bacia do Rio Uberabinha/MG.....	43
Gráfico 4 – Profundidade do lençol freático em uma área de topo na chapada Uberlândia-Uberaba	44
Gráfico 5 – Vazão específica, média mensal do rio Uberabinha/MG medida na fazenda Letreiro (médias de 1976 a 2006).....	45
Gráfico 6 – Distribuição das frações granulométricas em P1	59
Gráfico 7 – Distribuição das frações granulométricas em P2	60
Gráfico 8 – Distribuição das frações granulométricas em P3	61
Gráfico 9 – Distribuição das frações granulométricas em P4	62
Gráfico 10 – Distribuição das frações granulométricas em P5	63
Gráfico 11 – Distribuição das frações granulométricas em P6	63
Gráfico 12 – Carbono Orgânico Total do solo dos pontos de coleta por profundidade de análise	67
Gráfico 13 – Areia total na profundidade de 20-30 cm e 30-50 cm, entre os pontos 1 e 6.	68
Gráfico 14 – Teor de carbono orgânico por ponto de coleta	70

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	11
1 A EVOLUÇÃO CONCEITUAL DAS ÁREAS ÚMIDAS E O REFLEXO NA LEGISLAÇÃO AMBIENTAL BRASILEIRA.....	14
2 AS ÁREAS ÚMIDAS E O CARBONO ORGÂNICO DO SOLO	33
3 AS ÁREAS ÚMIDAS DA CHAPADA: CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL.....	42
3.1 Clima.....	42
3.2 Embasamento geológico.....	45
3.3 Relevo e solos	46
4 METODOLOGIA	48
4.1 Atividades de campo: seleção da área de estudo e coleta de amostras do solo	48
4.2 Desenho do perfil topográfico	52
4.3 Análises de laboratório	52
4.3.1 Análise granulométrica	52
4.3.2 Teor de Carbono Orgânico Total (COT)	55
4.3.3 Teor de humina e ácidos húmico e fúlvico	55
4.3.4 Estatística	57
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	58
5.1 Os ambientes de acumulação.....	58
5.2 Distribuição do teor de carbono orgânico do solo, de acordo com a profundidade	65
5.3 Distribuição do teor de carbono orgânico do solo, de acordo com a topografia	70
5.4 As substâncias húmicas	72
6 CONCLUSÕES	79
7 REFERENCIAS.....	81

INTRODUÇÃO

As áreas úmidas cobrem aproximadamente de 3 a 7% da superfície do planeta (ASELMANN; CRUTZEN, 1989; GORHAM, 1991; NEUE et al., 1997) e concentram de 16 a 33% de todo carbono (C) presente nos solos (BRIDGHAM et al., 2006). Todavia, são ambientes frágeis frente a perturbações, disponibilizando parte do carbono para a atmosfera na forma de CO₂ e CH₄ (UPDEGRAFF et al., 1995).

Em escala global, essas áreas foram utilizadas para agricultura de várias culturas, empregando, para isso, técnicas com vistas ao cultivo nas áreas saturadas por água, como a drenagem artificial (WADDINGTON; PRICE, 2013). Segundo Armentano (1980), essa técnica é a principal ação humana que tem poder para perturbar as dinâmicas dos solos orgânicos das áreas úmidas, alterando o ciclo mundial de carbono quando vários países adotam programas semelhantes.

No Brasil, o programa de drenagem em escala nacional foi o ProVárzeas, crescendo em 70% as áreas irrigadas durante a década de 1980 em relação à década de 1970 (PROVÁRZEAS, 1986 apud BERNARDO, 2009). Segundo Silva (1987), Minas Gerais foi o estado que mais teve projetos de drenagem aprovados entre 1981 e 1986 com verbas federais, e o cerrado do Triângulo Mineiro recebeu boa parte desses investimentos (SCHNEIDER, 1996).

Nas áreas úmidas do cerrado diferentes fitofisionomias colonizam estes ambientes (MEIRELLES; FRANCO; FERREIRA, 2012), se confirmando como uma transição entre os ecossistemas terrestres e aquáticos (COWARDIN et al., 1979).

A condição de umidade dessas unidades restringe à decomposição aos organismos anaeróbicos (DROZDOWICZ, 1997), com uma velocidade de síntese menor em relação aos organismos aeróbicos (WHITING; CHANTON, 2001). Isso possibilita a formação de profundas camadas orgânicas sobre os horizontes minerais.

Com extensas e profundas camadas orgânicas, as áreas úmidas tropicais são de grande importância para a manutenção do ciclo mundial de carbono, além de apresentar outras funções ecológicas, hidrológicas e sociais. Aliadas com as incertezas registradas na história de ocupação dessas áreas (grande parte com a legitimação do Estado), as áreas úmidas se tornam uma importante linha de pesquisa, permitindo a multi e transdisciplinaridade na pesquisa científica.

Desse modo, esta pesquisa se dedica em aumentar os conhecimentos sobre a dinâmica do carbono em tais ambientes, diagnosticando, numa área úmida, os sentidos de acumulação e as inter-relações que esse elemento apresenta com as propriedades físicas do solo. Ao serem comparados aos solos do entorno, as áreas úmidas e o seu aporte de carbono orgânico possuem características e fragilidades que lhe são únicas, necessitando de mais ações protetivas por parte do Estado e do agente privado.

A área de estudo focada nesta pesquisa localizada-se em uma chapada entre os municípios de Uberlândia e Uberaba, dentro da região administrativa do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba em Minas Gerais. Sua escolha deriva da necessidade de preservar as áreas úmidas da chapada, onde importantes rios da região possuem suas nascentes, e em razão do avanço de práticas agrícolas nocivas ao meio, como a drenagem e a adição de elementos contaminantes ao cultivo.

O objetivo principal desta pesquisa foi identificar os padrões de acumulação de carbono orgânico dentro da área úmida, analisando tanto na vertical, com as diferentes profundidades de análise, quanto na horizontal, com os pontos distribuídos a partir da topossequência, relacionando-os com a dinâmica do lençol freático e as propriedades físicas do solo.

Para se chegar ao objetivo geral desta pesquisa, outros objetivos específicos foram lançados:

- Quantificar o teor de carbono orgânico do solo;
- Quantificar o teor de carbono orgânico nas substâncias húmicas;
- Medir a altura do lençol freático dentro da área úmida;
- Ilustrar bidimensionalmente as dinâmicas do carbono orgânico do solo.

Convém salientar que a metodologia utilizada para este trabalho se desdobrou em técnicas de laboratório e campo, para execução dos procedimentos de coleta e análises, assim como em pesquisas bibliográficas, para fundamentação das discussões levantadas durante o estudo.

A pesquisa está organizada em seis capítulos. No primeiro, é discutida a evolução conceitual das áreas úmidas de acordo com vários autores, tanto em escala mundial quanto nacional, mostrando que, conforme o tempo e o acúmulo de conhecimentos em diversas áreas da ciência, esses ambientes se tornaram de grande relevância para conservação. Também são foco desse capítulo as relações

que tais mudanças conceituais trouxeram para as leis que protegem esses ambientes no Brasil.

O segundo capítulo é dedicado às relações entre o carbono orgânico e as propriedades físico-químicas da matriz mineral dos solos das áreas úmidas. Nessa sessão, as características que fazem desses ambientes o maior reservatório de carbono dentre os demais tipos de solo são discutidas, assim como suas fragilidades no que tange às ações antrópicas.

A descrição dos procedimentos metodológicos desta pesquisa é apresentada no capítulo quatro, trazendo a contribuição de diversos autores e trabalhos para a realização das técnicas utilizadas nesta pesquisa. Também nesse capítulo são detalhadas as características da área de estudo, mostrando sua importância no que diz respeito aos estudos ambientais da região.

O capítulo cinco ilustra os resultados obtidos por esta pesquisa na determinação do teor de carbono orgânico nos horizontes superficiais da área úmida. Nessa sessão, a profundidade do solo é relacionada com o carbono orgânico, na intenção de verificar possíveis padrões.

Ainda neste capítulo, o carbono é analisado a partir da sua posição na topografia. Com isso, sabe-se que as dinâmicas que regem a acumulação e mineralização desse elemento estão também relacionadas com as características do relevo das áreas úmidas.

Como fim deste capítulo, o carbono orgânico é fracionado nas substâncias húmicas: humina, ácido fúlvico e ácido húmico. Suas dinâmicas também são observadas, a fim de se encontrar padrões e estabelecer conexões com as propriedades da área de estudo.

No sexto capítulo, o objetivo principal e os específicos são novamente levantados juntamente com os resultados obtidos, além de serem feitas as considerações finais desta pesquisa.

1 A EVOLUÇÃO CONCEITUAL DAS ÁREAS ÚMIDAS E O REFLEXO NA LEGISLAÇÃO AMBIENTAL BRASILEIRA

Ao se observar a complexidade paisagística dos brejos, mangues, várzeas e outras áreas alagadas, somada a uma ocupação histórica dessas terras, houve a necessidade de aumentar os conhecimentos sobre as dinâmicas e os processos que formam e sustentam tais ambientes. O primeiro esboço sobre um conceito que agrupasse diferentes tipos de regiões alagadas foi feito pelo Serviço Estadunidense de Pesca e Vida Silvestre (US Fish and Wildlife Service, USFWS) em meados da década de 1950, visto como um conceito baseado na conservação de ambientes para assegurar a manutenção de espécies migratórias (ROBLES; LUNA, 2004).

No Brasil, anterior a essa conceituação, a legislação ambiental expressada pelas normativas do Código Florestal de 1934¹ não trazia diretrizes para a utilização ou proteção das áreas úmidas. Havia apenas artigos que se aproximavam de um enfoque preservacionista, como o art. 4º, que tratava das florestas protetoras e, mesmo assim, sem um objetivo prático.

A regulação e o ordenamento do uso do solo nos chapadões tropicais do Brasil, a partir dos planos de povoamento para o Centro-Oeste, fez com que extensas e até então pouco conhecidas terras fossem desflorestadas e ocupadas por uma agricultura sedenta por novos espaços. Tal expansão, legitimada pelo Estado, contou com a legislação para construir um espaço de mercantilização da terra e inserção do cerrado nos cenários de grandes projetos governamentais.

O Código Florestal de 1965² consegue exprimir a lógica da marcha brasileira para o oeste. Nos 48 artigos do documento, o então Presidente da República Humberto de Alencar Castelo Branco sancionou restrições e conceituações acerca dos recursos naturais do território brasileiro, limitando o uso de determinadas matérias e regionalizando ações protecionistas, como demonstra o 16º artigo nas alíneas *a*, *c* e *d*.

[...]

a) nas regiões Leste Meridional, Sul e Centro-Oeste, esta na parte sul, as derrubadas de florestas nativas, primitivas ou regeneradas, só serão permitidas, desde que seja, em qualquer caso, respeitado o limite mínimo

¹ Criada pelo Decreto n. 23.793, de 23 de janeiro de 1934.

² Lei n. 4.771, de 15 de setembro de 1965.

de 20% da área de cada propriedade com cobertura arbórea localizada, a critério da autoridade competente;

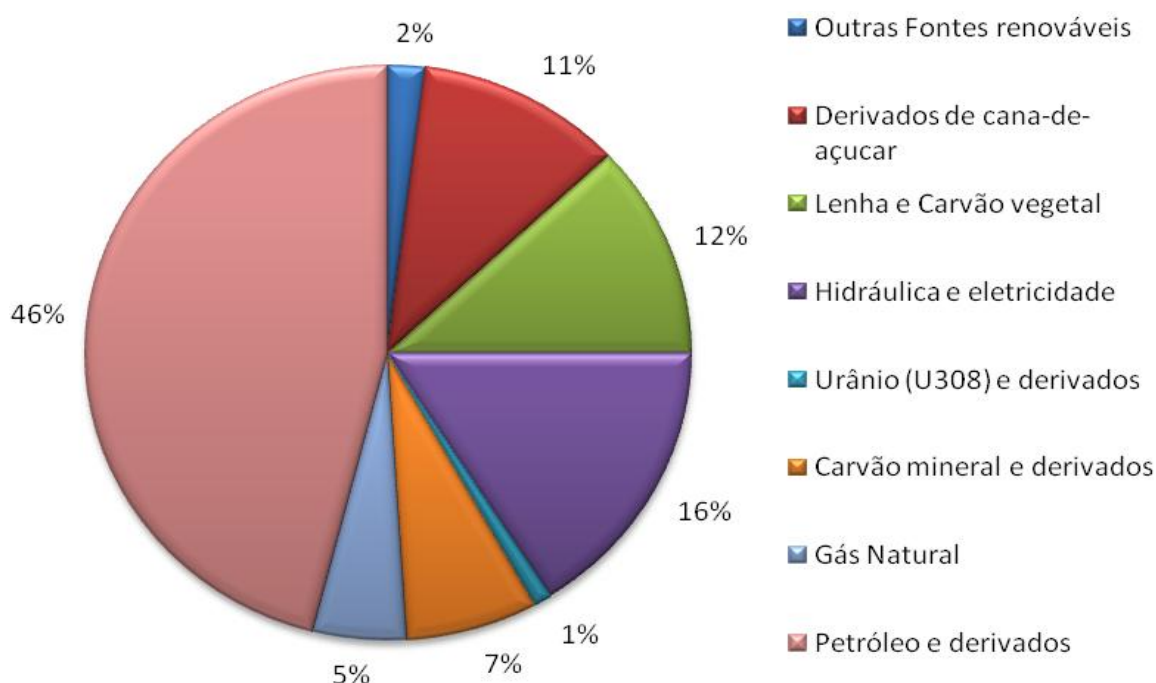
[...]

c) na região Sul, as áreas atualmente revestidas de formações florestais em que ocorre o pinheiro brasileiro, *Araucaria angustifolia* (Bert - O. Ktze), não poderão ser desflorestadas de forma a provocar a eliminação permanente das florestas, tolerando-se, somente a exploração racional destas, observadas as prescrições ditadas pela técnica, com a garantia de permanência dos maciços em boas condições de desenvolvimento e produção;

d) nas regiões Nordeste e Leste Setentrional, inclusive nos estados do Maranhão e Piauí, o corte de árvores e a exploração de florestas só será permitida com observância de normas técnicas a serem estabelecidas por ato do Poder Público, na forma do art. 15 (BRASIL, 1965).

Os artigos desse código se preocupavam, primordialmente, em assegurar e regular a exploração florestal brasileira, com vistas a um planejamento produtivo industrial de longo prazo. Há uma grande participação do pilar energético dos produtos florestais (lenha e hulha), como demonstra a matriz energética do Brasil na década de 1970 (TOLMASQUIN; GUERREIRO; GORINI, 2007), Gráfico 1.

Gráfico 1 – Matriz energética brasileira em 1970



Fonte: Tolmasquin; Guerreiro; Gorini, 2007.

O art. 2º da referida lei descreve as áreas que são restritas às atividades antrópicas, sendo possível verificar a estreita ligação com a hidrografia local. O que futuramente iria se transformar nas Áreas de Preservação Permanente (APPs) foi o instrumento legislativo de maior relevância na proteção das áreas úmidas do Brasil, visto que, dentre as delimitações estabelecidas, se destaca a água como recurso a ser protegido.

A partir de 1966, com a entrada em vigor dessa lei, toda conversão de uso da terra deveria, *a priori*, analisar a rede hidrográfica perene para, então, traçar os planos de ocupação desse território. No cerrado, contemporâneo a tal processo, Aziz Ab'Sáber (1971) já havia salientado sobre a complexidade que envolve a hidrografia dessa região e que, em muitos casos, os rios perenes não conseguem responder por toda a diversidade desse domínio, existindo uma “[...] trama fina e mal definida de caminhos d’água intermitentes a qual somada com a pobreza relativa dos solos responde pela ecologia do cerrado” (AB’ SABER, 1971, p.101).

A falta de uma delimitação conceitual sobre as terras sazonalmente saturadas pelo lençol acarretou, na década de 1960, para o cerrado, uma lacuna muito importante para a conservação dentro do Código Florestal. A falta de detalhamento nas restrições ao uso de áreas que não possuem um eixo de drenagem estabelecido levou a uma interpretação simplista do código, ignorando as zonas de afloramento do lençol e desconsiderando, como preservação permanente, as várzeas e nascentes alagadas, a exemplo das veredas e os covaais³.

Contudo, a preocupação com uma racionalização do desenvolvimento econômico e social levou à ampliação dos debates ambientais em escala mundial. Impulsionados tanto pelo receio de um colapso futuro ou de uma crise global, vários países europeus começaram a discutir e aprofundar as pesquisas sobre a preservação e conservação. Um importante retrato desse fato foi a criação do Clube de Roma, fundado pouco depois da metade do século XX.

Bastante polêmica, a pesquisa encomendada pelo Grupo de Roma ao *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) publicou, em 1972, o relatório *Os Limites do Crescimento*, um texto repleto de alertas sobre os riscos envolvendo o

³ Nomenclatura regional da região entre Uberlândia-Uberaba/MG para feição de microrrelevo de murundus ou montículos de forma arredondada e convexa, de tamanhos que variam de 0,5 a 15 metros de diâmetro e altura entre 0,3 e 2 metros (SCHNEIDER, 1996).

rápido crescimento populacional com o esgotamento dos recursos naturais disponíveis. Evidente que a teoria exposta foi duramente criticada, sendo questionada logo após sua publicação pelo Nobel de Economia Robert Solow (BRÜSEKE, 1995).

De fato, os prognósticos catastróficos então discutidos pulverizaram as preocupações com o meio para além da Europa, fazendo com que outras regiões do globo pesquisassem e planejassem ações para garantir a manutenção da espécie humana no globo. A partir disso, em 1971 foi realizada a primeira Convenção de Zonas Úmidas de Importância Internacional na cidade de Ramsar, no Irã, que apresenta o mesmo nome (Ramsar).

A missão da convenção era, a partir de uma ação regional, conseguir conservar e utilizar de modo racional as zonas úmidas, facilitando o desenvolvimento sustentável⁴ de todo o mundo. Surgira, porquanto, uma das mais importantes organizações de caráter transnacional com a finalidade voltada à conservação das áreas úmidas, assim como a primeira conceituação coletiva sobre tais áreas.

Segundo o primeiro artigo do documento expedido pela Ramsar, as áreas úmidas são:

[...] áreas de pântanos, charcos, turfas ou superfícies cobertas de água, sejam estas de regime natural ou artificial, permanentes ou temporárias, estancadas ou correntes, doce, salobra ou salgada, incluídas as extensões de água marinha cuja profundidade em maré baixa não exceda seis metros (RAMSAR, 1971).

A partir desse novo conceito, as áreas úmidas assumiram um novo papel no rol de prioridades de estudo e conservação. No Brasil, ainda não existia um conceito claramente definido de tais áreas, sendo adotadas as nomenclaturas regionalistas, como brejo, tremedal, charco, volutrabo, entre outras.

Nesse entremeio, a definição de Ramsar esclarece as características fundamentais para que uma área seja classificada úmida, incluindo as regiões sazonalmente alagadas e as de influência marítima.

Com a publicação das discussões ocorridas durante a primeira conferência, as áreas úmidas começaram a receber destaque, sendo um ambiente de grande

⁴ O termo “sustentabilidade” só foi inserido nos textos da conferência no ano de 1992, após a Convenção sobre a Diversidade Biológica CDB (RAMSAR, 2013).

importância para a manutenção de vários ecossistemas. Todavia, Timoshenko (1988) revela que nas duas primeiras conferências⁵ do Ramsar, os países que tinham assinado o contrato de proteção das áreas úmidas eram, em número, muito mais expressivos dentre o grupo dos emergentes que não participaram da primeira conferência internacional, quando comparado às nações desenvolvidas.

Como todo protótipo, a primeira formulação de um tratado internacional deixou algumas lacunas legais. Isso possibilitou a livre interpretação dos contratantes, sobretudo com a expressão “uso racional”, que, no ponto de vista do direito internacional, pouco elucida sobre as limitações impostas na localidade implantada (TIMOSHENKO, 1988).

Com a grande exposição da temática ambiental no fim da década de 1960, somada aos grupos emergentes de pesquisa e debates, em 1972 a primeira Conferência Mundial sobre o Homem e o Meio Ambiente, realizada na cidade de Estocolmo, Suécia.

Segundo Lago (2007), a conferência coordenada pela Organização das Nações Unidas (ONU) foi um evento mais preocupado com a política ambiental do que propriamente com o meio ambiente diretamente. No entanto, tal conferência conseguiu alcançar alguns objetivos importantes que, de certo modo, influenciaram as políticas ambientais de muitos países, inclusive o Brasil. Dentre as mais relevantes conquistas, o autor destaca:

- Criação de órgãos nacionais voltados ao ordenamento das ações ambientais, uma vez que, até o final da década de 1960, a temática ainda não despertava uma atenção política suficiente para a criação de departamentos específicos. No Brasil, isso fez com que, em 1973, dentro do Ministério do Interior, fosse criada a Secretaria Especial do Meio Ambiente (SEMA)⁶;
- Fortalecimento das organizações não governamentais, dado que, no Brasil, sobretudo a partir da década de 1970, houve um fortalecimento e uma expansão das associações de moradores, que reuniam as principais demandas e colocavam-nas para o Estado (FERREIRA, 2005);
- Maior participação da sociedade civil nos assuntos ambientais, destacando suas responsabilidades e seus direitos nacionais e internacionais.

⁵ 1971 – Ramsar, Irã; 1980 – Cagliari, Itália.

⁶ Criada pelo Decreto n. 73.030, de 30 de outubro de 1973.

Com o fortalecimento dos debates ambientais daquela década e observando os reveses na ocupação urbana das áreas úmidas, o Estado brasileiro, em 1979, publicou a lei sobre o parcelamento do solo urbano⁷. Forçado tanto pela opinião pública e científica, quanto pelos desastres ambientais ligados às enchentes em zonas urbanas⁸, o art. 3º, inciso I dessa lei restringe o parcelamento do solo urbano em terrenos alagadiços ou sujeitos a inundações. Também modificou a faixa de proteção ao longo das águas correntes e dormentes para 15 metros dentro do perímetro urbano, o que posteriormente abriu uma brecha legislativa muito grande nas APPs urbanas.

Quase oito anos depois da primeira reunião sobre as áreas úmidas de interesse internacional, a agência estadunidense USFWS lançou sua segunda conceituação acerca das áreas úmidas. Nela, há mais detalhes, tendo sido embasada em outras características que não apenas nas aves migratórias.

Segundo Coward et al. (1979), as áreas úmidas são locais onde a saturação com água é o fator dominante na evolução e natureza do solo e, conseqüentemente, nos organismos vegetais e animais que se utilizam destes para sua sobrevivência e perpetuação. Ainda de acordo com o autor, para um local ser classificado como “área úmida”, é necessário apresentar um ou mais dos fatores descritos a seguir:

- Pelo menos periodicamente, a terra suporta predominantemente hidrófitas⁹;
- O substrato é predominantemente solo hidromórfico;
- O substrato são sedimentos inconsolidados e está saturado com água ou coberto por águas rasas em algum momento durante o período vegetativo de cada ano.

Com esses critérios, o sistema de classificação hierarquizou as áreas úmidas em cinco classes, do nível mais alto para o nível mais baixo: Sistema; Subsistema; Classe; Subclasse; Tipos Dominantes (Figura 1). Tal hierarquização levou em conta as características hidrogeológicas, geomorfológicas, físicas, químicas e biológicas de cada área.

Essa sistematização teve grande impacto no meio científico, influenciando grande parte dos pesquisadores que se debruçavam sobre a temática. Foram

⁷ Lei ordinária n. 6.766, de 19 de dezembro de 1979.

⁸ Enchentes em 1966 no estado do Rio de Janeiro; Enchente em 1979, no Rio Doce; Enchente em Recife/PE, em 1975.

⁹ Hidrófito: diz-se do vegetal adaptado à vida aquática, submerso total ou parcialmente (FERRI; MENEZES; MONTEIRO, 2003).

abertas possibilidades e aprofundados os conhecimentos sobre as várias características das áreas úmidas.

A metodologia postulada por Coward et al. (1979) é bastante complexa e detalhista, sendo que, a nível de levantamento nacional, não é muito viável em termos financeiros, pois demanda bastante financiamento, e com relação à temporalidade, visto a dificuldade de se levantar as áreas e classificá-las (SCOTT; JONES, 1995). Todavia, esse é o mais completo sistema de classificação criado até a atualidade.

A década de 1980 foi marcada pela efervescência dos debates ambientais sobre as áreas úmidas e políticas ambientais, tanto em escala internacional, com importantes conferências e tratados, como nacional, a partir da adoção de novas medidas legais para regulação das atividades sobre o meio.

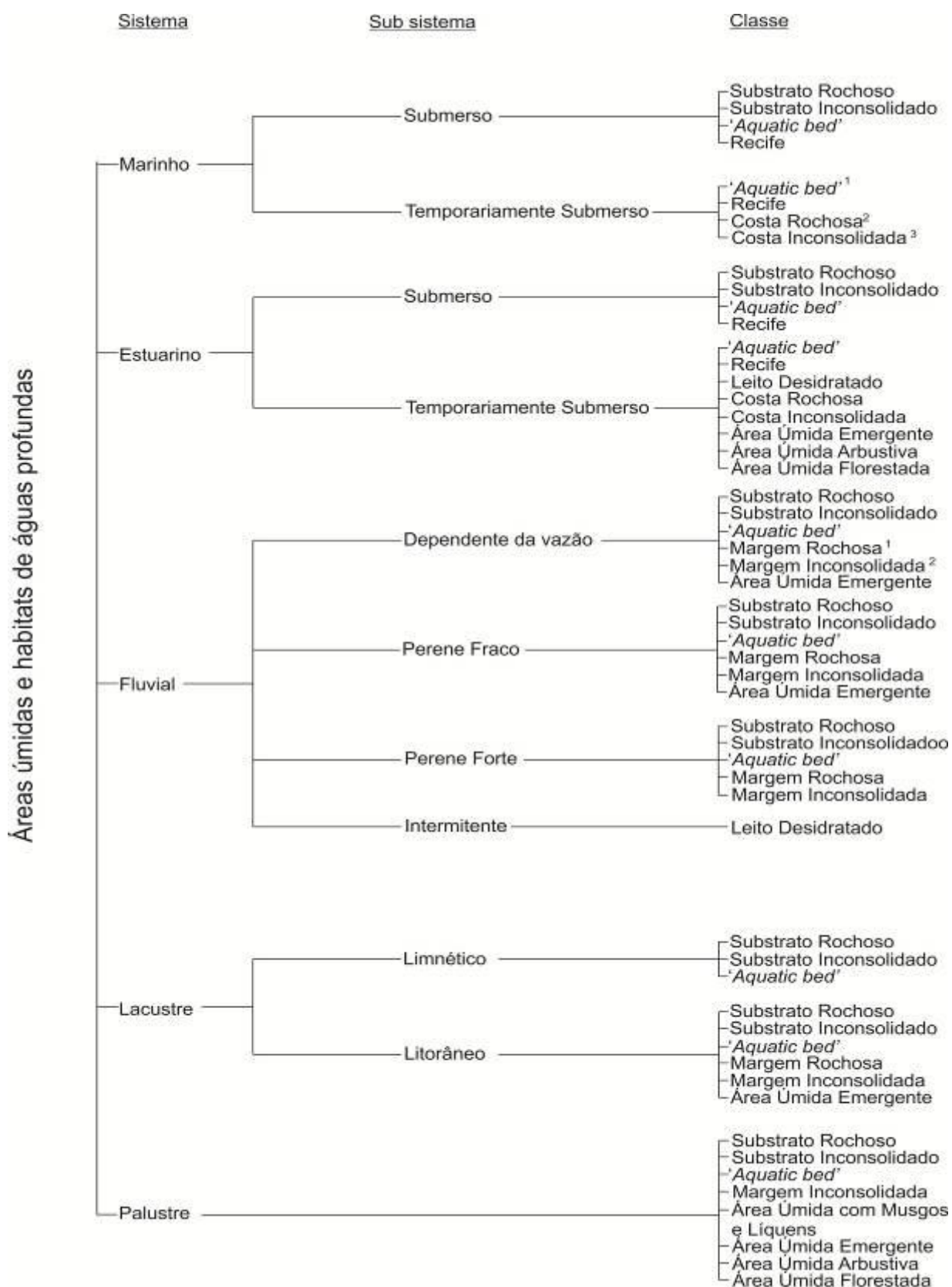
Duas convenções foram realizadas em 1980, com interesses específicos bastante próximos: a Conferência Internacional de Áreas Úmidas (1st International Wetlands Conference), realizada em Nova Déli, Índia, pela Intecol¹⁰, e a 1ª Reunião das Partes Contratantes da Conferência de Ramsar, que aconteceu em Cagliari, na Itália. Novos objetivos foram traçados a partir dessas reuniões, propondo mudanças nos critérios de classificação para as áreas úmidas de interesse internacional e traduzindo os textos oficiais para alemão, árabe, espanhol e russo, o que fomentou a adesão de mais países ao tratado.

Já no Brasil, observando a forte pressão internacional por uma regulação maior dos recursos naturais e da qualidade do meio ambiente, foi sancionada, em agosto de 1981, a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA)¹¹. Cabe ressaltar o *caput* do 2º artigo, no qual é possível identificar que o interesse em preservar, melhorar e recuperar a qualidade ambiental é uma derivação da necessidade de assegurar a dignidade da vida humana, assim como sua segurança e seu desenvolvimento socioeconômico. Desse modo, o valor intrínseco da natureza, como prevê algumas correntes do movimento conservacionista, não foi o cerne da PNMA, e sim o seu valor usual.

¹⁰ Associação Internacional de Ecologia (International Association of Ecology, Intecol), criada em 1967, foi também responsável pelo 1º Congresso Internacional de Ecologia realizado em Hague, Holanda.

¹¹ Criada pela Lei ordinária n. 6.938, de 31 de agosto de 1981.

Figura 1 – Classificação estadunidense para as áreas úmidas



¹ Refere-se a classe que inclui as zonas húmidas e habitats de águas profundas dominados por plantas que crescem na superfície da água ou abaixo da superfície

² No sistema estadunidense esta categoria recebe o nome de 'rocky shore' tanto para o sistema marinho/estuarino quanto para o sistema fluvial/lacustre

³ No sistema estadunidense esta categoria recebe o nome de 'unconsolidated shore' tanto para o sistema marinho/estuarino quanto para o sistema fluvial/lacustre/palustre

No que tange às áreas úmidas, a lei supracitada não trata especificamente de ações voltadas à sua preservação, mas coloca princípios norteadores que resultaram em desdobramentos importantes nos anos seguintes. O mais notório foi o de classificar (por vias indiretas) as áreas úmidas como sendo também “recursos ambientais”, possibilitando a ação dos incisos III e VI do art. 2º: “planejamento e fiscalização dos recursos ambientais; e incentivos ao estudo e à pesquisa de tecnologias orientadas para o uso racional e a proteção dos recursos ambientais” (BRASIL, 1981).

Todavia, mesmo com o Código Florestal de 1965 e a PNMA, as áreas úmidas foram inseridas numa espécie de parênteses legal, uma exceção às normativas preservacionistas. No mesmo ano de publicação da Política Nacional de Meio Ambiente, entrou em vigor o Programa Nacional para Aproveitamento de Várzeas Irrigáveis (PROVÁRZEAS)¹², um retrocesso na proteção aos ecossistemas úmidos.

O ProVárzeas tinha como objetivo principal aumentar o aproveitamento das várzeas, expandindo a produtividade dos alimentos básicos, como feijão, arroz, milho, trigo e batata (SILVA, 1987). Dentre as regiões que mais implementaram projetos do ProVárzeas, destacam-se o Sudeste, o Centro-Oeste e o Sul do país, ressaltando os estados de Minas Gerais e Rio Grande do Sul como os principais captadores de recursos (Tabela 1).

Os treinamentos oferecidos pelo programa pulverizaram as técnicas e os conhecimentos sobre drenagem, irrigação e cultivo em áreas de várzea; todavia, os cursos oferecidos eram esvaziados de conteúdos e preocupações ambientais. Muitos agricultores, principalmente os pequenos proprietários, desconheciam as implicações da drenagem ou a supressão da mata ciliar e alegavam a falta de esclarecimento por conta dos técnicos responsáveis (BERNARDO, 2009).

No cerrado, por conta da extensa malha hidrográfica e da ocorrência de várias zonas de afloramento do lençol freático, como veredas, margens de rios sem vale encaixado, covaais etc., o processo de drenagem dessas áreas foi intenso durante os anos de ação do ProVárzeas. Na chapada entre Uberlândia-Uberaba, estima-se que de 1964 a 1994, com uma forte ênfase a partir de 1980, mais seis mil

¹² Criado pelo Decreto n. 86.146, de 23 de junho de 1981.

hectares foram drenados ou ressecados, cedendo lugar às áreas de produção agrossilvipastoris (SCHNEIDER,1996).

Tabela 1 – Área implantada (ha) pelo ProVárzeas entre 1981 e 1986.

	Drenagem	Irrigação e drenagem	Total
Sudeste			
MG	66644,8	73933,9	140578,7
ES	14244,4	23855,4	38099,8
RJ	9191,0	10284,2	19475,2
SP	3722,1	5629,2	9351,9
Total	93802,3	113702,7	207505,6
Sul			
PR	14829,5	10394,3	25223,8
SC	5744,0	13982,7	19726,7
RS	50181,6	109857,5	160039,1
Total	70755,1	134234,5	204989,6
Centro-Oeste			
MT	7365,5	11355,7	18721,2
GO	11580,1	20859,2	32439,3
DF	1141,8	1782,1	2,923,9
Total	20087,4	33997,0	51160,5

Fonte: Silva, 1987.

A partir da rápida expansão para áreas úmidas e da ineficácia legal das prerrogativas trazidas pelo Código de 1965, houve a necessidade de reformar as questões sobre as regiões de preservação permanente. A reforma feita em 1986¹³ trouxe novas metragens para as APPs que acompanhassem os rios ou qualquer outro curso d'água, assim como a reforma realizada em 1989¹⁴ que adicionou as nascentes, ainda que intermitentes, às áreas protegidas.

Nesse contexto, foi criado em 1988 na Universidade de São Paulo (USP), ainda como um programa de pesquisa, o Núcleo de Apoio à Pesquisa sobre Populações Humanas em Áreas Úmidas Brasileiras (NUPAUB). Com o seu fortalecimento e o grande acúmulo de estudos realizados envolvendo a ocupação humana tradicional nas áreas úmidas do Brasil, o Nupaub assumiu um patamar de

¹³ Lei ordinária n. 7.511, de 7 de julho de 1986.

¹⁴ Lei ordinária n. 7.803, de 18 de julho de 1989.

destaque nas pesquisas antropológicas e ambientais sobre essas regiões, contribuindo para a transdisciplinaridade das abordagens científicas sobre áreas alagadas.

Já na década de 1990, Dugan (1990) traçou uma espécie de sistema simplificado de classificação das áreas úmidas, baseado nos conceitos e nas características lançadas pela convenção Ramsar. No sistema de Dugan, as áreas úmidas seriam divididas em sete unidades paisagísticas, ao contrário dos cinco sistemas propostos na classificação do departamento de pesca estadunidense e das oito propostas pela Ramsar.

No ano de 1992, vinte anos depois da conferência internacional de Estocolmo, houve a ECO-92, com a finalidade de discutir a conservação da diversidade biológica, a utilização de seus componentes e a repartição justa dos benefícios extraídos a partir da exploração da natureza (MMA, 2000).

Viola (1999) destaca que a convenção teve dois importantes marcos: primeiro, na sensibilização internacional para a importância da biodiversidade, fazendo com que o debate ultrapassasse os muros das universidades; e o segundo foi o seu fracasso, ao ter os EUA fora dos principais acordos da ECO-92.

Contemporânea à conferência, foi criada a Oscip¹⁵ Centro de Pesquisa do Pantanal (CPP), uma entidade muito importante na proteção e pesquisa das áreas úmidas do bioma pantanal brasileiro. Suas alianças com os governos federal e estadual¹⁶, além dos contratos de parceria entre as universidades e outros centros de pesquisa, possibilitou o fortalecimento de uma rede de pesquisadores sobre as áreas úmidas, gerando trabalhos importantes para a proteção desses sistemas (FERNANDES; SIGNOR; PENHA, 2010).

Ainda em 1992, um ano marcante na história da proteção das áreas úmidas brasileiras, o Brasil aprovou¹⁷ o texto da convenção sobre zonas úmidas de importância internacional Ramsar, 21 anos depois da criação do texto original.

Outra contribuição relevante daquela década foi a criação do modelo de Brinson e Malvárez (1993), que expôs a classificação das áreas úmidas segundo sua funcionalidade. A mudança, segundo o modelo proposto, demonstra não apenas as características de cada classe, como também suas funcionalidades, permitindo

¹⁵ Organização da Sociedade Civil de Interesse Público.

¹⁶ Principalmente nos estados do Mato Grosso e Mato Grosso do Sul.

¹⁷ Decreto Legislativo n. 33, de 1992.

que o leitor ou planejador compreenda com mais facilidade a importância das regiões, reconhecendo os bens e serviços gerados a partir da preservação das áreas úmidas (BRINSON, 2002). Para o sistema organizado pelos autores, existem três características que respondem principalmente pelo funcionamento das áreas úmidas – o contexto geomorfológico, a fonte de água e a hidrodinâmica –, formando assim o método Hidrogeomórfico (Hydrogeomorphic, HGM).

Os contextos geomorfológicos se dividem em seis grupos (Figura 2), cada qual interferindo na dinâmica da água e, conseqüentemente, na quantidade e qualidade dos organismos que irão colonizar esse ambiente. A modelagem prevista por esse método tem como escopo agilizar a determinação das diferenças e mudanças na performance funcional de cada área úmida (BRINSON, 1994).

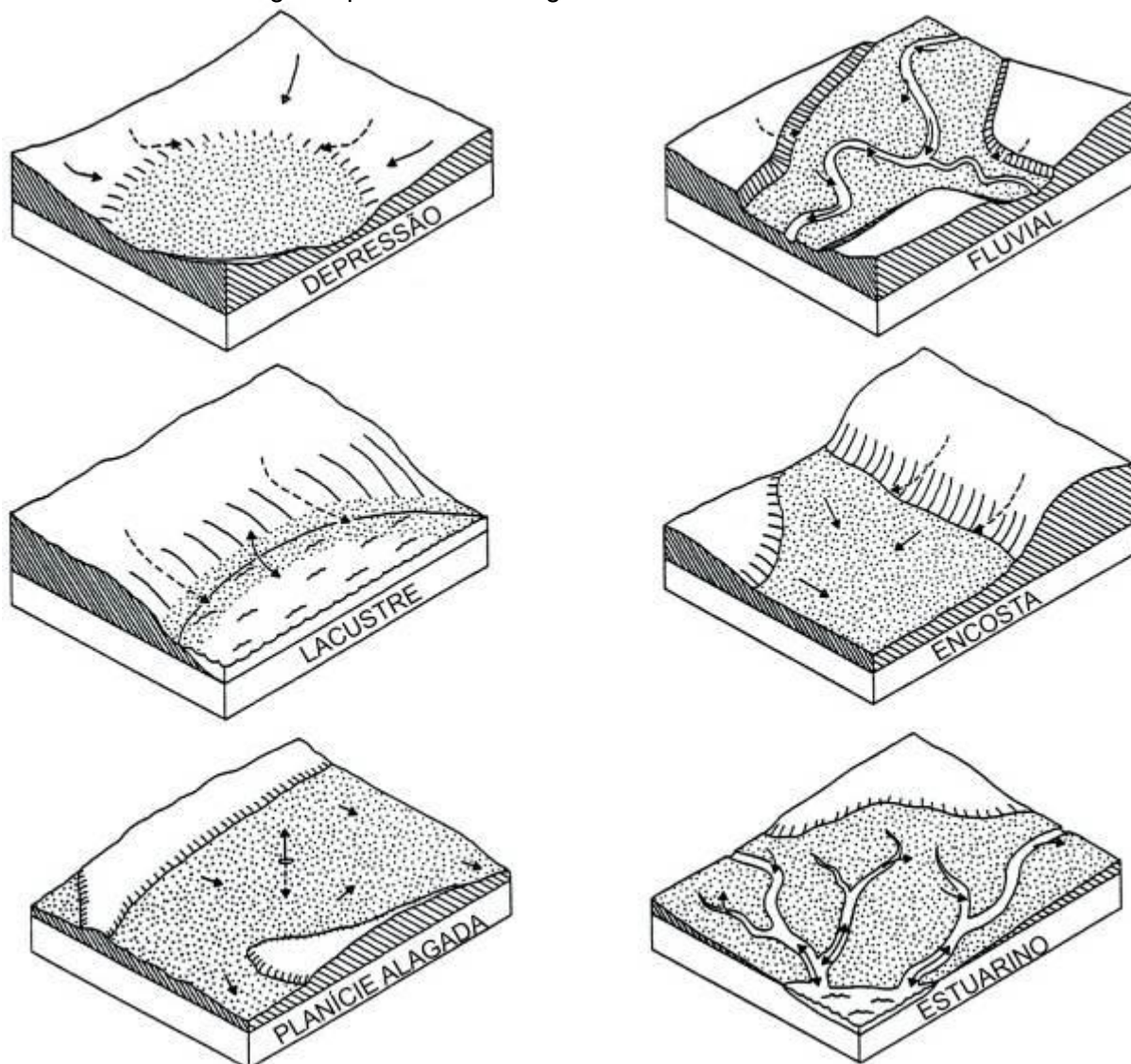
Mesmo com os problemas gerados pela dificuldade em se generalizar uma metodologia internacional e por trabalhos com níveis de detalhamento local incompatíveis com qualquer outra forma de classificação, o empenho em aumentar o conhecimento sobre a espacialização das áreas úmidas é primordial (SCOTT; JONES, 1995). Somada a outras contribuições científicas sinérgicas, isso resulta numa proteção legal maior desses sistemas.

No ano seguinte da publicação do método de classificação sugerido por Brinson e Malvárez, foi lançado pela União Internacional para Conservação da Natureza e dos Recursos Naturais (IUCN) o Inventário Brasileiro de Áreas Úmidas (DIEGUES, 1994). Esse trabalho, possivelmente um dos mais importantes em escala nacional, reuniu as principais características de 51 ecossistemas, cobrindo mais de um milhão de quilômetros quadrados. Ainda que tenha sido um estudo preliminar, focado na região amazônica, litorânea e do pantanal, ele atingiu seu objetivo de sintetizar os dados obtidos nas áreas úmidas e incentivar a pesquisa dentro da temática, principalmente fortalecendo o Nupaub.

Após a criação do primeiro inventário nacional de áreas úmidas, a consolidação do Código Ambiental de 1965 e os conflitos pelo uso d'água, em 1997 foi sancionada a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH)¹⁸

¹⁸ Criada pela Lei ordinária 9.433, de 8 de janeiro de 1997.

Figura 2 – Configurações geomorfológicas para as áreas úmidas. Cada uma tende a possuir diferentes fontes de água e períodos hidrológicos variados.



Fonte: Brinson; Malvárez, 2002.

. Com a adesão brasileira à convenção Ramsar em 1993 e o forte marketing ambiental herdado da ECO-92, a PNRH conectou as políticas relacionadas à preservação dos recursos hídricos com as políticas voltadas à boa gestão ambiental, fortalecendo a interdependência dos objetos e a relação entre as duas esferas. Dentre os tópicos que mais se destacam na preservação das áreas úmidas dentro da PNRH, podemos citar:

Art. 3º Constituem diretrizes gerais de ação para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos:	III	A integração da gestão de recursos hídricos com a gestão ambiental; [...]
Art. 7º Os Planos de Recursos Hídricos são planos de longo prazo, com horizonte de planejamento compatível com o período de implantação de seus programas e projetos e terão o seguinte conteúdo mínimo	X	Propostas para a criação de áreas sujeitas à restrição de uso, com vistas à proteção dos recursos hídricos.
Art. 49º Constitui infração das normas de utilização de recursos hídricos superficiais ou subterrâneos:	I	Derivar ou utilizar recursos hídricos para qualquer finalidade, sem a respectiva outorga de direito de uso; [...]
	IV	Utilizar-se dos recursos hídricos ou executar obras ou serviços relacionados com eles, em desacordo com as condições estabelecidas na outorga; [...]
	V	Perfurar poços para extração de água subterrânea ou operá-los sem a devida autorização.

Ao assegurar o uso adequado do recurso hídrico, desde sua captação adequada, passando pelo tratamento devido até a reincorporação ao leito original, os impactos gerados nas áreas úmidas também são mitigados. Além disso, garantindo a sanidade ambiental das nascentes, várzeas etc., é possível aumentar a quantidade e qualidade do recurso hídrico, em virtude da importância das propriedades físico-químicas dessas áreas na retenção de elementos contaminantes (ECOSPHERE, 2008), na manutenção das margens (FUSTEC; FROCHOT, 1995) e na proteção da vida silvestre (GIBBS, 2000).

Cinco anos depois da PNRH, foi assinado em Kyoto, Japão, um tratado internacional com foco na redução da emissão de gases que intensificam o efeito

estufa. O solo, como um dos maiores e mais instáveis reservatório de carbono, teve grande atenção nas discussões da conferência, nomeadamente na temática de sequestro de carbono, a partir de práticas adequadas na agricultura, e na emissão de CO₂ e CH₄, a partir da conversão do uso do solo (SMITH; FALLOON; KUTSCH, 2009).

Com todo esse acúmulo, no início século XXI o conceito de áreas úmidas atingiu um ponto de complexidade interessante, englobando não somente os organismos vivos existentes num determinado local, como também uma dinâmica ecológica, tanto com caracteres bióticos quanto abióticos. Um exemplo dessa evolução é a conceituação ressaltada por Keddy (2010), que afirma que as áreas úmidas são um ecossistema que tem sua gênese a partir da saturação do solo por água e da predominância de processos anaeróbicos, a adaptação dos organismos vegetais a esse novo padrão.

Sob forte influência dessa ótica e ainda com a realização do 8º Congresso Internacional de Áreas Úmidas em Cuiabá/MT, em 2008, o governo brasileiro iniciou um programa de fomento à pesquisa na área do Pantanal. Dentro do pacote de investimentos está a criação do Instituto Nacional de Pesquisas do Pantanal (INPP¹⁹), o qual deve se tornar gestor de um grande banco de dados sobre o pantanal brasileiro, facilitando a troca de informações entre pesquisadores e instituições (UFMT, 2013). Outro investimento dentro desse pacote foi a criação do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Áreas Úmidas (INAU), com o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e idealização do CPP, o INAU tem, como alguns de suas finalidades principais:

- Ser uma base de dados sobre as áreas úmidas do Brasil
- Catalogar as AUs, iniciando pelos Estados do Mato Grosso e Mato Grosso do Sul e elaborar mapas com a sua distribuição e extensão;
- Realizar trabalhos de classificação das áreas úmidas com padrões internacionais, aprofundando as informações sobre os contextos locais.
- Ampliar o conhecimento ecológico e biológico sobre as AUs brasileiras, tais como a sua biodiversidade, e os processos ecológicos chaves como produção, estocagem e decomposição de biomassa, ciclos de nutrientes etc.

¹⁹ Até a data de realização desta pesquisa o projeto de lei PL 7437/2010 estava aguardando retorno na mesa diretora da Câmara dos Deputados

Também em 2008, a Secretaria de Meio Ambiente do estado do Paraná juntamente com o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis no Paraná (IBAMA/PR) e o Instituto Ambiental daquele estado lançaram uma Resolução²⁰ com o intuito de normatizar, em âmbito estadual, a preservação, restauração, conservação e recuperação das áreas úmidas e seus entornos protetivos, além de estender condicionantes para o licenciamento de novas atividades para as áreas que não forem consideradas de preservação permanente.

Na Resolução, por possuir um caráter bastante prático, a conceituação de áreas úmidas é bastante sucinta, sendo determinada exclusivamente pela presença de solo hidromórfico ou não. Uma nova categoria foi criada por essa portaria, o “entorno protetivo”, sendo “[...] a faixa marginal constituída por solos não hidromórficos, adjacente à área úmida, cuja largura mínima depende, localmente, da declividade do relevo e da textura do solo”. Para regulamentar a metragem dessa proteção, a Resolução traz uma tabela (Quadro 1) com as diferentes larguras em função da classe textural e da declividade.

A ideia de se estabelecer uma faixa que se estende para além das áreas úmidas, subordinada à textura e à declividade, pode se mostrar bastante vantajosa, principalmente observando a maior preocupação com o entorno arenoso, mais suscetível à erosão e com as áreas de declives moderados.

Quadro 1 – Delimitação do entorno protetivo

Declividade (%)	Largura do entorno protetivo (m)		
	Textura argilosa	Textura média	Textura arenosa
0 – 8	50	50	50
8 – 20	50	60	70
20 – 45	70	80	90
> 45	Área de preservação permanente		

Fonte: Adaptado da Resolução conjunta Ibama/Sema/IAP, 2008.

A partir da criação do INAU, o status das áreas úmidas no Brasil toma uma proporção mais importante, sendo linha de pesquisa financiada diretamente pelos cofres públicos. Porém, o que parecia ser algo promissor para a proteção dos sistemas úmidos no país foi ameaçado pela reforma do Código Florestal²¹. Ao invés de utilizar todo o acúmulo científico produzido nas últimas três décadas acerca das

²⁰ Resolução conjunta Ibama/Sema/IAP n. 005, de 2008.

²¹ Lei n. 12.651, de 25 de maio de 2012.

áreas úmidas, tanto no Brasil quanto no mundo, a nova redação não avança na delimitação das APPs em que, ao observá-las, é notada a predominância das áreas úmidas entre as categorias protegidas.

Piedade et al. (2012) afirmam que o principal equívoco do novo Código Florestal, no que tange às áreas úmidas, é a demarcação e definição do leito do rio. No art. 4º, inciso I, as faixas marginais de qualquer curso d'água natural, perene ou intermitente, serão consideradas APPs desde a borda da calha do leito irregular, com larguras variáveis de acordo com a largura do rio. O que Piedade et al. (2012) ressaltam em seu texto é a ineficácia do método utilizado para traçar a faixa de proteção marginal. Segundo os autores, a altura do leito tem de ser observada no seu período mais alto, em razão da fragilidade dos biomas que dependem da flutuação do nível da água, como o pantanal e a Amazônia.

Um exemplo de proteção sugerida pelos autores é a redação dada no Código de 1965, a partir da alteração proposta pela Lei n. 7.803²², em que se considera APPs as áreas situadas “[...] ao longo dos rios ou de qualquer curso d'água desde o seu nível mais alto em faixa marginal [...]”. Nessa versão, mesmo com as oscilações no nível do rio, os ecossistemas úmidos estariam mais protegidos, visto que a faixa seria maior.

O Brasil vem ampliando o volume de trabalhos que abordam a temática das áreas úmidas, sendo que amplos ramos da ciência participam dos trabalhos. Um grande exemplo desse processo pode ser observado nas exposições do 1º Congresso Brasileiro de Áreas Úmidas em Cuiabá/MT, em 2008. Numa análise cronológica (Quadro 2), compreende-se que a legislação ambiental brasileira acompanha o processo de modernização conceitual das regiões alagadas, mas funciona como doutrinas remediadoras e imediatistas, esperando sempre problemas ambientais deflagrados ou pressão popular para melhorar ou criar dispositivos legais para proteção desses ambientes.

Por fim, nota-se ainda a grande demanda por pesquisas nas áreas úmidas brasileiras, tanto em escala de detalhamento local quanto em trabalhos regionais, de investigações de classificação a pesquisas sobre a gênese dessas paisagens. Ainda, com a crescente preocupação acerca da emissão de gases potencializadores do efeito estufa advindas da conversão do uso do solo, e sendo os solos

²² Lei n. 7.803, artigo 1º, inciso I.

hidromórficos das áreas úmidas o principal reservatório entre as demais classes pedológicas, é fundamental interpretar a dinâmica envolvente na acumulação, interação/aprisionamento e liberação de carbono nessas paisagens.

Quadro 2 – Evolução conceitual das áreas úmidas e os reflexos na legislação ambiental brasileira

Ano	Marco conceitual	Fonte	Marco legislativo	Conteúdo
Década de 1950	Conservação de ambientes para assegurar a manutenção de espécies migratórias	Robles; Luna, 2004	Lei n. 4.771/1965	Cria-se o protótipo das APPs
1971	As zonas úmidas são áreas de pântano, charco, turfa ou água, natural ou artificial, permanente ou temporária, com água estagnada ou corrente, doce, salobra ou salgada, incluindo áreas de água marítima com menos de seis metros de profundidade na maré baixa	Ramsar, 1971		
1979	Áreas úmidas são locais onde a saturação com água seja o fator dominante na evolução e natureza do solo e, consequentemente, nos organismos vegetais e animais que se utilizam destes para sua sobrevivência e perpetuação		Lei n. 6.766/1979	Restringe o parcelamento do solo urbano em terrenos alagadiços ou sujeitos a inundações Incentiva estudos e pesquisas orientadas para o uso racional e a proteção dos recursos ambientais
1981		Coward et al., 1979	Lei n. 6.938/1981	Cria-se o ProVárzeas Nacional, um retrocesso na preservação das áreas úmidas
1986			Decreto n. 86.146 Lei n. 7.511/1986	Alterou as metragens da APPs Mudou a redação da alínea "a", fixando a metragem da APP no seu leito mais alto, além de ter alterado suas metragens
1989			Lei n. 7.803/1989	
1992	Conceito de áreas úmidas funcionais: áreas úmidas de diferentes tipos		Decreto Legislativo n. 33/1992	
1993	podem diferir em seu funcionamento ou desempenhar	Brinson, 1993		Aprovou o texto da convenção Ramsar
1996			Decreto n. 1.905/1996	Promulgou a convenção Ramsar no Brasil

	funções similares em níveis distintos		Fortaleceu os vínculos entre a qualidade e quantidade do recurso hídrico com a preservação das áreas úmidas
1997		Lei n. 9.433/1997	
2000	Áreas úmidas é um ecossistema que têm sua gênese a partir da saturação do solo por água e a predominância de processos anaeróbicos,	Keddy, 2010	
2008	forçando com que os organismos vegetais se adaptem a esse novo padrão	Portaria Ibama/Sema/IAP	Aumenta a proteção das áreas úmidas do Paraná e de suas respectivas áreas de entorno

2 AS ÁREAS ÚMIDAS E O CARBONO ORGÂNICO DO SOLO

Devido às condições topográficas, as áreas úmidas tendem, além de acumular umidade, a ser depósitos de materiais transportados de regiões mais elevadas. Assim, o processo de adição é notoriamente marcante na pedogênese desses ambientes.

Desse modo, o carbono aprisionado junto à matriz mineral do solo pode também ser transportado e depositado nas regiões com menor energia, em muitos casos as áreas úmidas, aumentando o teor desse elemento em superfície e diversificando as fontes da Matéria Orgânica de Solos (MOS) nessas áreas.

Além do processo de adição, as áreas úmidas possuem outras características que fazem com que, dentre as demais feições terrestres, essa unidade de paisagem seja uma das que mais acumula carbono. Segundo Adhikari et al. (2009), as características que influenciam no ciclo do carbono dentro das áreas úmidas são: regime hidrológico, tipo de plantas existentes, temperatura e umidade do solo e potencial Hidrogeniônico (pH). Ainda segundo os autores, ao analisar em escala microscópica, pode-se ainda somar o tipo de argilomineral, a fauna microbiana e o estado de humificação da MOS.

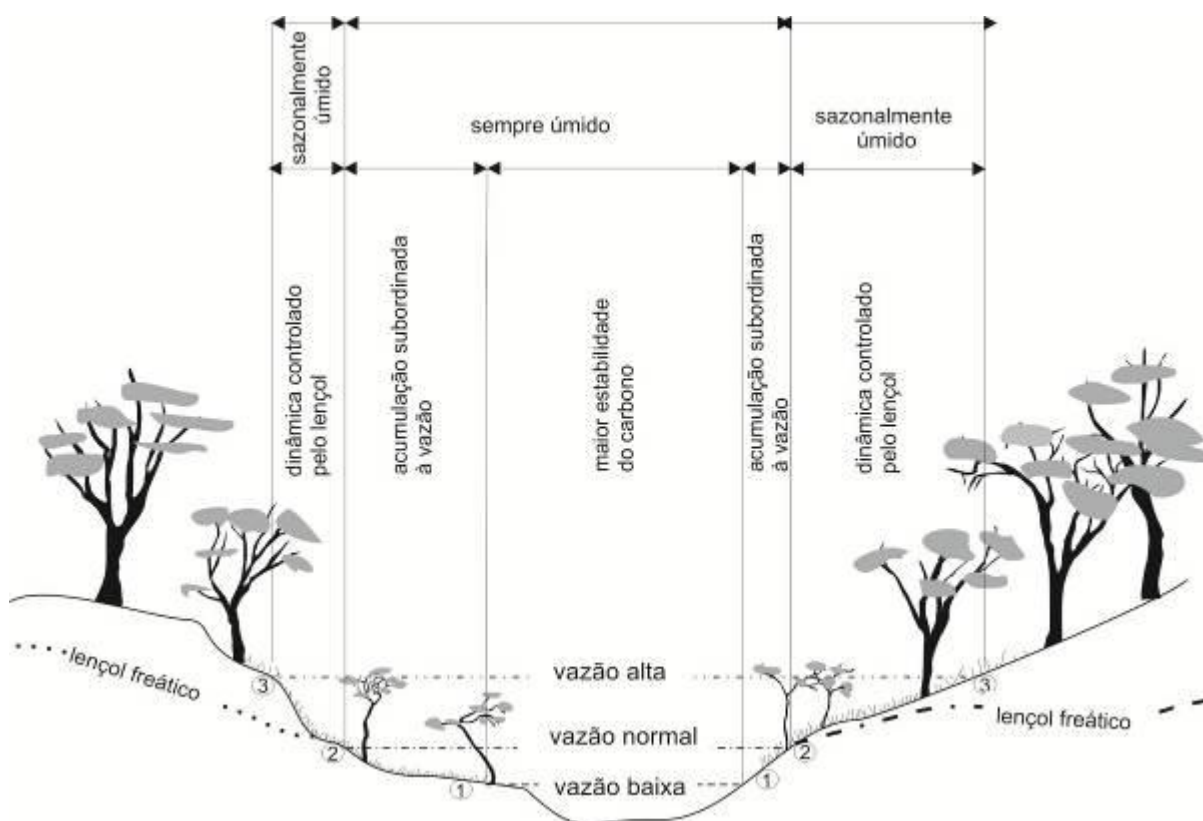
Considerando o regime hidrológico, a frequência e a duração dos eventos de cheia interferem diretamente na atividade microbiana decompositora, visto que a maioria dos processos de síntese é desenvolvida por organismos aeróbicos (DROZDOWICZ, 1997). A saturação dos poros reduz a velocidade de ciclagem da matéria orgânica e possibilita a preservação da porção submersa, ao menos até o próximo período de queda na precipitação, em que o ambiente se torna novamente favorável ao aumento da biomassa microbiana (Figura 3). Segundo Whiting e Chanton (2001), essa condição pode reduzir em até mil vezes a velocidade de difusão de O₂ por entre os macro e microporos do solo.

Ao observar o segmento 1-1 da Figura 3 é possível deduzir que os poros estarão permanentemente saturados por água, mesmo nas estações mais secas, situação que difere do trecho com saturação temporária dependente da altura do lençol, como representada no segmento 3-3; por conseguinte, o solo terá dois regimes distintos na ciclagem do carbono orgânico. No verão, quando a altura do lençol se elevar e conseqüentemente a área alagada do eixo de drenagem avançar nas posições à montante da vertente, a quantidade de oxigênio disponível nos

vazios do solo será diminuída em relação ao aumento da água. Isso resulta num período de aumento da reserva de carbono, impedindo a rápida incorporação à matriz do solo a partir da atividade decompositora.

Todavia, com o início da estação mais seca e o retorno do lençol freático ao seu nível normal, as condições drenagem interna do solo se acentuam e a saturação dos poros por água é substituída por poros como meios oxidantes. Tal situação favorece a atuação dos organismos aeróbicos que encontram um grande pacote orgânico formado e preservado pelo período antecessor, caracterizando-se como o meio favorável para o crescimento da população e comunidade dos organismos e ao aumento da taxa de incorporação do carbono à matriz pedológica.

Figura 3 – Regime hidrológico e ciclo do carbono



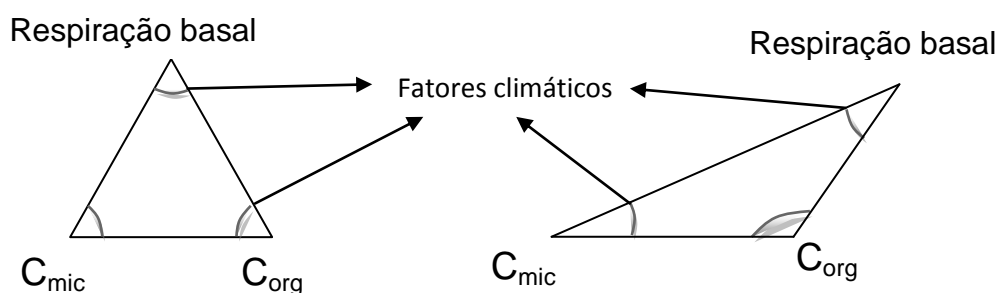
Fonte: Elaboração do autor.

No cerrado, Ab'Sáber (2003) ressalta que a umidade “[...] mesmo nos canais de escoamento laterais aos chapadões e de reduzida extensão permanece uma espécie de linha úmida d’água quase superficial”, inclusive perpassando a estação seca. Tal fato reforça a dificuldade na delimitação das áreas úmidas desse bioma e

nas políticas voltadas para práticas adequadas para o sequestro de carbono em atividades agropecuárias.

Nas abordagens sobre carbono, tanto nas áreas úmidas quanto nas de boa drenagem, os fatores climáticos (precipitação e temperatura, sobretudo) interferem diretamente no ciclo do carbono. Essa influência pode ser compreendida a partir da taxa de respiração basal (liberação de C) da biomassa microbiana (C_{mic}) e dos teores de carbono orgânico do solo (C_{org}), todos componentes de um triângulo interativo (Figura 4) subordinado às condições climáticas locais (INSAM, 1990).

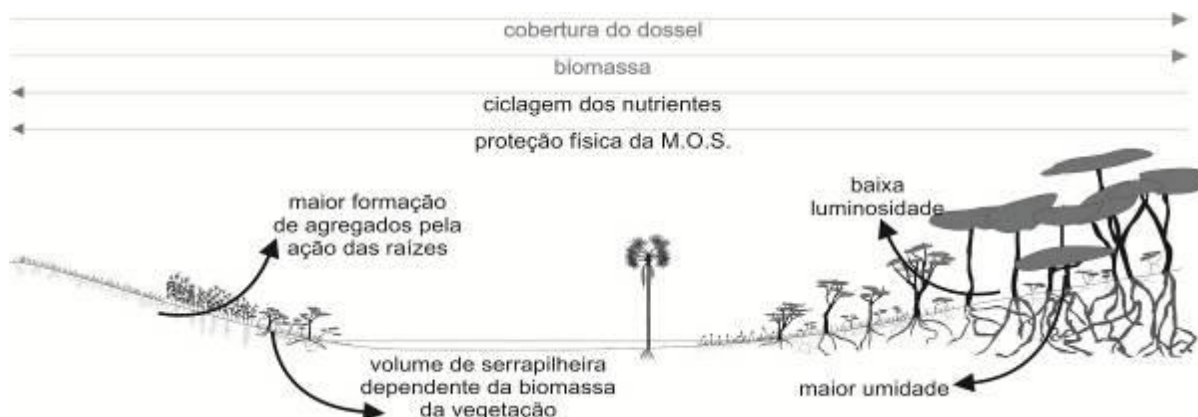
Figura 4 – Fatores climáticos e a interferência na ciclagem do carbono orgânico do solo



Fonte: Adaptado de Insam, 1990.

Assim como as condições de saturação são superiores às dos ambientes pedogenéticos oxidantes, as áreas úmidas ainda reúnem um tipo de cobertura vegetal que favorece a preservação do carbono orgânico do solo (Figura 5), ora fornecendo volumes superiores de matéria orgânica à taxa de incorporação, ora protegendo o pacote orgânico a partir de associações na rizosfera. Dentro de um mesmo bioma, a diferenciação do carbono é notada como um reflexo da vegetação superficial, variando conforme a biomassa, como demonstram alguns trabalhos focados no bioma cerrado (NETO et al., 2011; LOPES; MIOLA, 2010).

Figura 5 – Influência da vegetação no ciclo do carbono



Fonte: Elaboração do autor.

Dentre as características que mais se destacam no reflexo apresentado pela vegetação sobre os teores de carbono no solo, há a relação C/N da cobertura vegetal – facilidade de decomposição da matéria orgânica (GONÇALVES; CERETTA, 1999); a cobertura do dossel, que diminui a incidência da luz solar diretamente sobre o solo e, conseqüentemente, minimiza o ressecamento (CALDEIRA et al., 2008); o tipo de enraizamento, que aumenta a quantidade de agregados que protegem o carbono humificado (HENDRICKS; NADELHOFFER; ABBE, 1993) e a biomassa da vegetação superficial (BOCHNER et al., 2008; CALDEIRA et al., 2008).

A associação entre a vegetação e os estoques de carbono do solo extrapola a porção superficial da paisagem, aprofundando-se nos horizontes de acordo com a complexificação das relações harmônicas interespecíficas na rizosfera. Segundo Gregory (2006), as raízes, ao se associarem com microrganismos, conseguem fixar mais nutrientes (entre eles o carbono, a partir da MOS), devido principalmente aos ganhos em estrutura, às trocas químicas e ao crescimento da atividade microbiana.

Somando-se aos fatores que interferem na velocidade e quantidade de carbono estocado nas áreas úmidas, há o pH que age em duas linhas no ciclo desse elemento: primeiramente, ele é agente restritivo da atividade microbiana, e, posteriormente, influencia na quantidade de cargas do solo. Os arranjos complexos dos coloides orgânicos possuem reatividade química e são consideradas partes ativas, assim como os seus correspondentes minerais. Tal propriedade deriva tanto

do tamanho de sua superfície de contato quanto das micelas, ambas responsáveis por se associarem entre si e por reter elementos minerais na forma trocável (EYRE, 1987).

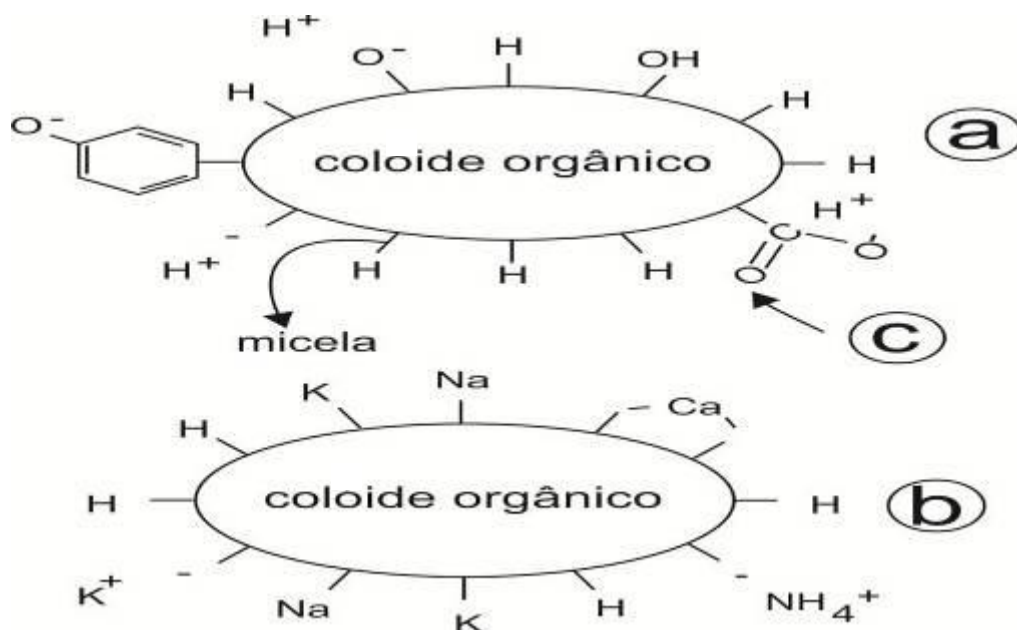
Dessa maneira, caso as associações predominantes numa partícula de coloide orgânico sejam com o hidrogênio, qualquer alteração sofrida pela partícula resultará na liberação de H^+ , tendo reflexo no pH do solo (“a” da Figura 6). De forma contrária, caso haja uma predominância de bases, como potássio (K), sódio (Na), cálcio (Ca) e magnésio (Mg), o resultado da perturbação será a liberação das bases, elevando o pH (EYRE, 1987) (“b” da Figura 6).

Tais alternâncias de cargas e acidez do solo têm reflexo secundário na população microbiana do solo. Estudos conduzidos no cerrado demonstraram os efeitos de alguns tratamentos agrícolas (adubação e calagem) na comunidade microbiana do solo, tendo a população de determinadas bactérias uma proporção inversa com a quantidade de íons H^+ (PEREIRA; NEVES; DROZDOWICZ, 1999).

Em relação aos solos úmidos, a acidez deriva principalmente de três fatores:

- A dissociação dos grupos funcionais da matéria orgânica;
- A oxidação de nitrogênio (N), enxofre (S) e ferro (Fe); e
- O enriquecimento relativo de alumínio (Al).

Figura 6 – Ionização do coloide orgânico



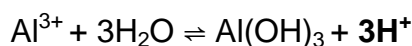
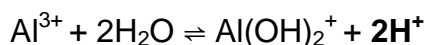
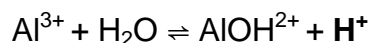
Fonte: Adaptado de Eyres, 1978; Brady; Weil, 2013.

Os coloides orgânicos, por serem amorfos e compostos por grandes cadeias, possuem vários grupos funcionais (álcool, amina, ácido carboxílico etc.) em suas extremidades (BRADY; WEIL, 2013). Com uma diminuição no pH do solo, as ligações podem ser rompidas, liberando mais H^+ para a solução do solo (“c” da Figura 6). Como em ambientes úmidos os teores de matéria orgânica são maiores do que nos solos drenados, tal gênese da acidez é bastante comum.

A oxidação de alguns compostos pode interferir na acidez do solo, reagindo principalmente nos períodos de seca, em que os poros são (re)preenchidos por O_2 , CO_2 e outros gases. Um exemplo é a nitrificação, processo no qual o íon de amônio NH_4^+ (resultado da ação das bactérias nitrificantes ou adicionado na forma de insumo agrícola), em contato com oxigênio, é convertido para nitrato (NO_3^-), disponibilizando dois cátions de hidrogênio, como exposto a seguir:



Outra fonte bastante comum de acidez nas áreas úmidas é derivada dos arranjos químicos entre os íons de Al^{3+} e H^+ em ambientes com climas tropicais úmidos. Essa forma de acidez tem origem inicialmente na lixiviação das bases dos solos a partir da dissolução e do transporte. Com isso, os elementos insolúveis e mais estáveis em tais condições climáticas têm sua proporção numérica elevada em relação aos demais constituintes do solo. O Al, na sua forma de cátion, possui a propriedade de hidrolisar as moléculas de água, disponibilizando de um a três cátions de hidrogênio, o que tem reflexo óbvio na acidez do solo (BRADY; WEIL, 2013). A reação que se estabelece entre esses elementos é descrita a seguir:



Outras características secundárias poderiam ter sido abordadas para explicar a acidez de tais solos²³. Todavia, dentro das áreas úmidas tropicais, as que mais se destacam na acidificação do perfil são as anteriormente destacadas.

Se, por um lado, o pH tem reflexo na população microbiana, decrescendo proporcionalmente, as cargas dependentes da acidez ou alcalinidade do solo e da MOS são responsáveis pela imobilização do carbono na matriz pedológica. A matéria orgânica possui grande parte de suas cargas na categoria de dependentes de pH, e, em condições ácidas, não conseguem associar facilmente outros elementos (McBRIDE, 1994). Assim, nas áreas úmidas ácidas, a camada orgânica depositada em superfície é lentamente decomposta pelos organismos anaeróbicos (ou aeróbicos, dependendo das condições), sendo também lentamente incorporada aos coloides orgânicos e minerais do solo.

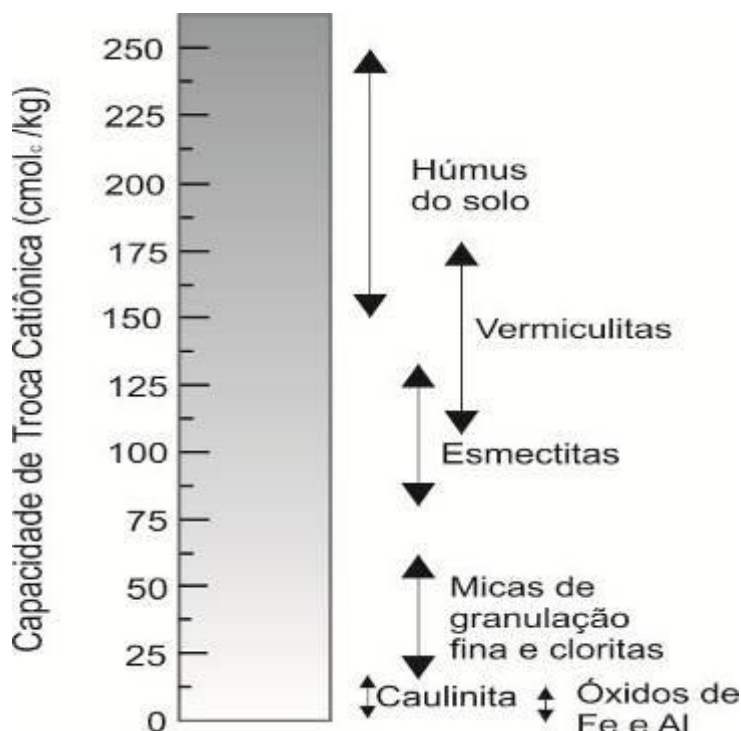
Para além da acidez, a mineralogia é uma importante característica que pode justificar os altos teores de carbono nos solos das áreas úmidas. Tal afirmação tem por base a reatividade do argilomineral em comparações com todas as outras frações granulométricas (Figura 7). Desse modo, a diferenciação entre os tipos de argila irá se refletir na capacidade do solo em se associar com os compostos orgânicos ou não.

Sendo assim, a região que possui elevada quantidade de argilominerais 2:1, com grandes superfícies de contato e tamanhos reduzidos, tende a ter áreas úmidas com grande reatividade (Capacidade de Troca Catiônica – CTC).

Todos esses fatores contribuem para que as áreas úmidas sejam o maior reservatório de carbono orgânico dentre os demais ambientes continentais e, simultaneamente, sejam uma das principais fontes de emissão de gases metano (CH₄) para a atmosfera (BRIDGHAM et al., 2006). Esse pode ser também, devido às suas características e à espacialidade, o ecossistema mais efetivo para estocar o carbono na matriz pedológica (SCHLENSINGER, 1997).

²³Adição de ácidos carbônico, sulfúrico e nitroso gerados na atmosfera, precipitados nas chuvas, transportados e depositados nas áreas úmidas pelo relevo.

Figura 7 – CTC de alguns coloides em condições de pH neutro



Fonte: Adaptado de Brady; Weil, 2013.

Estima-se que as áreas úmidas, apesar de terem uma representação espacial bastante inferior aos demais ecossistemas terrestres, possuam aproximadamente mais de 15% do estoque de carbono de todos os solos (GORHAN, 1991). Entretanto, por ser um grande reservatório desse elemento, as áreas úmidas também podem se comportar como uma enorme fonte de metano (CH₄) para a atmosfera, um gás com poder de absorção da radiação infravermelha até 21 vezes maior que o CO₂ (MMA, 2013).

Os fatores que irão contribuir para o papel que as áreas úmidas irão exercer podem ser divididos em dois: os derivados de acontecimentos naturais e os de origem antrópica. De acordo com o tempo de formação da área úmida, as emissões de metano podem ser compensadas pela absorção de dióxido de carbono (WHITING; CHANTON, 2001). De modo distinto, quando essas áreas são incorporadas às de produção agrícola (ou outra ocupação antrópica), o estoque de carbono é convertido em fonte de metano para a atmosfera, fruto da rápida decomposição do reservatório superficial (MOORE; KNOWLES, 1989).

Portanto, os estudos sobre as dinâmicas que envolvem o funcionamento dessas paisagens devem ser aprofundados, tanto em escala local, com detalhamento das propriedades e características, quanto em âmbito global, com ênfase no papel desempenhado por tais reservatórios no ciclo mundial do carbono.

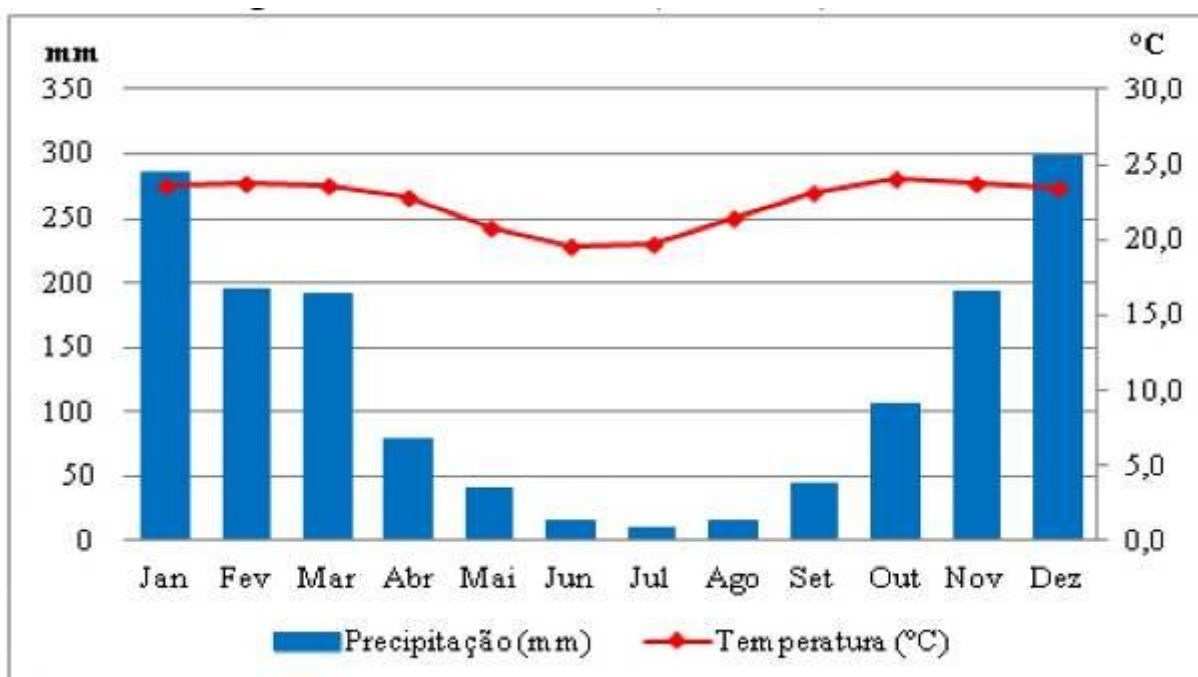
3 AS ÁREAS ÚMIDAS DA CHAPADA: CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL

3.1 Clima

A alternância entre duas estações bem diferenciadas pela umidade e pluviosidade é típica do cerrado. A área da chapada tem grande parte da precipitação concentrada entres os meses de outubro a março, com média anual de 1474 mm e temperaturas médias elevadas, superiores a 18 °C, sendo qualificada como *Awa*, segundo a classificação de Köppen (QUEIROZ, 2012).

Nesse sentido, a distribuição das chuvas é caracterizada pelo contraste entre as estações do ano. De outubro até meados de março, ocorrem 86% da precipitação total anual, acompanhados de uma temperatura média de 23 °C. De abril até setembro, o volume de precipitação é pequeno, acompanhado de temperaturas mais amenas, média de 23 °C, com alguns dias de frio (QUEIROZ, 2012; BRANDÃO; LIMA, 2002) (Gráfico 2). Destaca-se que, mesmo nas estações com poucas chuvas, a intensidade de alguns eventos é marcante, principalmente no fim da estação seca, o que traz um relativo impacto ao meio por ser a época de preparo do solo às culturas de verão (SOARES, 2010).

Gráfico 2 – Climograma da fazenda Letreiro (médias de 1975 a 2010), localizada na chapada a 42 km da área de estudo

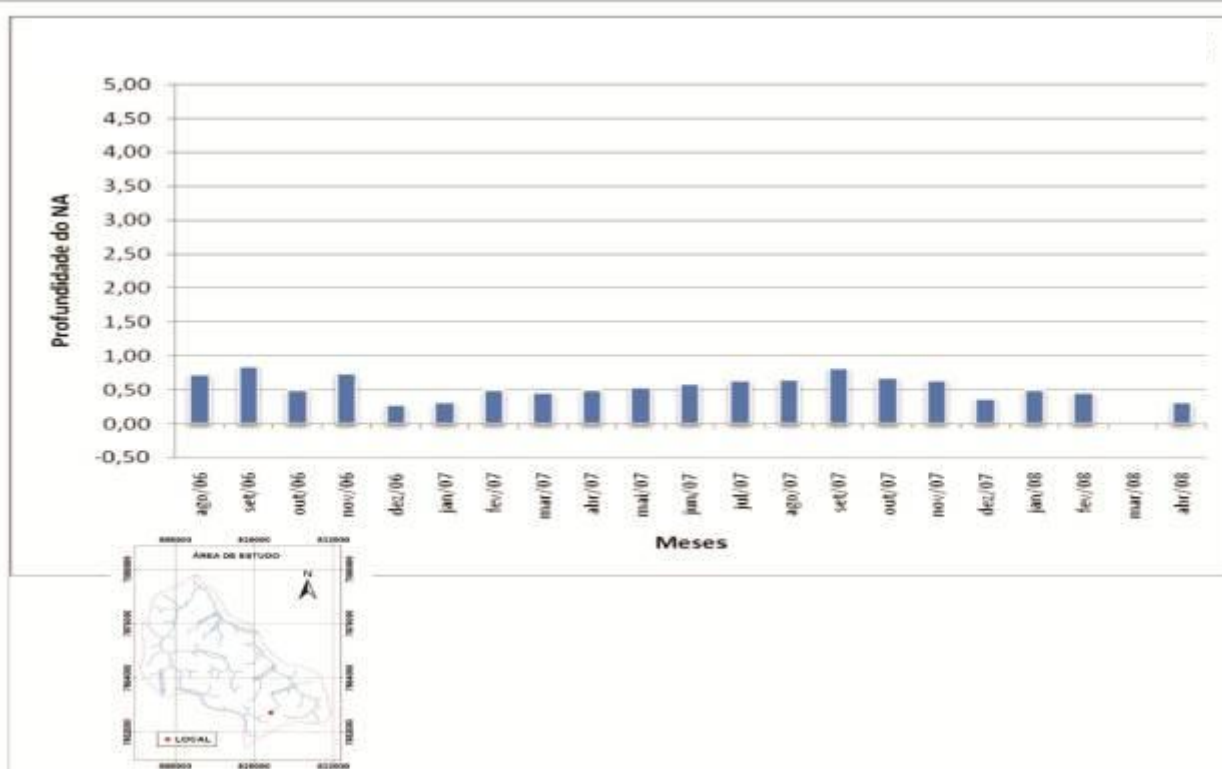


Fonte: Hidroweb/ANA, 2011, adaptado por Queiroz, 2012.

Os dados de temperatura e precipitação média que constam no climograma (Gráfico 2) são relevantes para o ciclo do carbono, principalmente na fase pedológica. Enquanto a temperatura e a umidade medida nos centímetros iniciais dos solos bem drenados podem sofrer grandes variações ao longo do ano, as áreas úmidas do cerrado têm uma oscilação menor. Soares (2012) mostra que a proximidade do lençol nessas áreas impõe condições de umidade mais homogêneas durante o ano, ao passo que nas áreas bem drenadas, a profundidade do lençol é maior, assim como há maior flutuação anual, algo relacionado tanto com a temperatura quanto com a umidade, que também sofrem grandes variações.

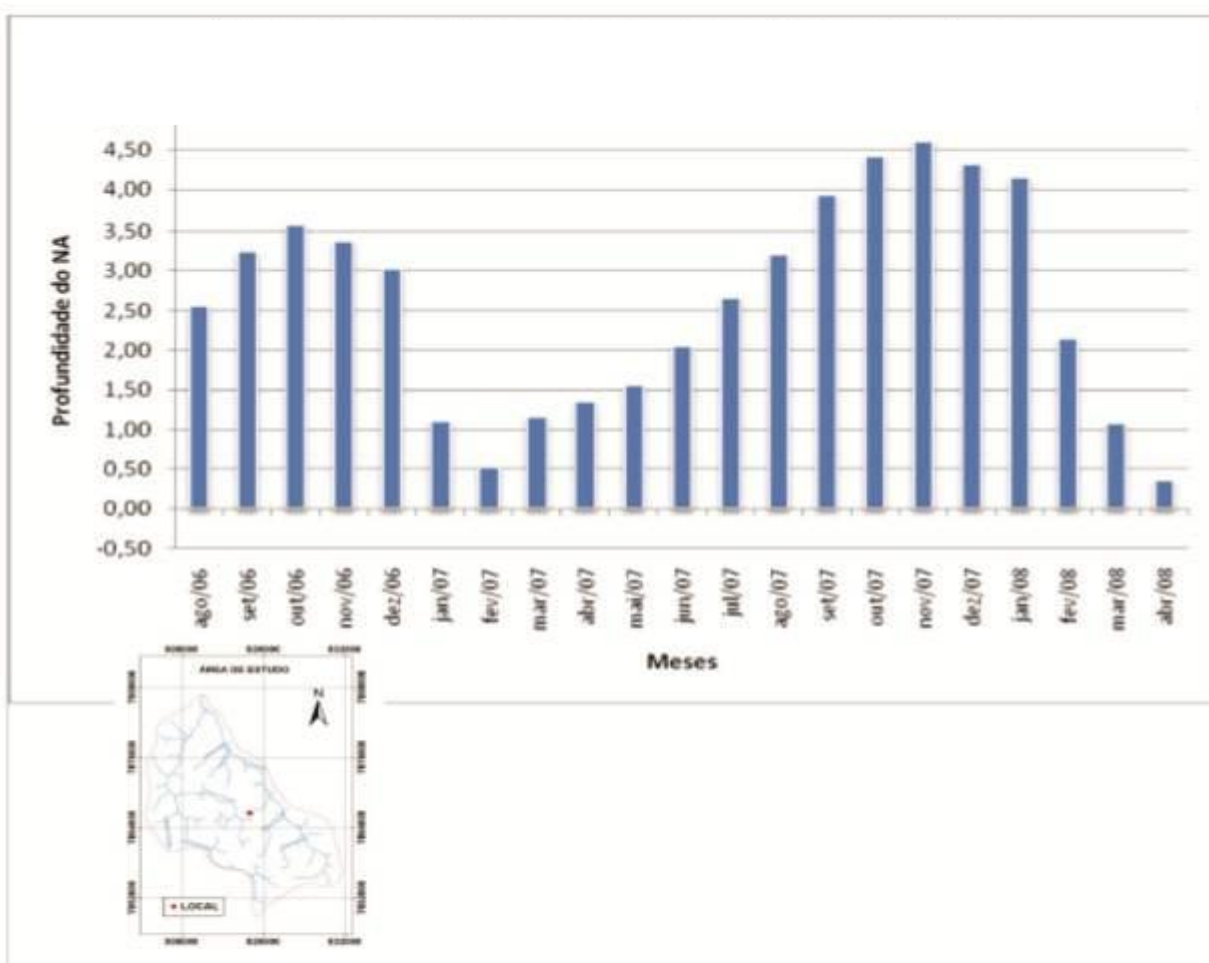
A altura do nível freático (N.A.) durante o ano mostra que, mesmo durante a estação seca, a umidade do solo é garantida pela dinâmica da água subterrânea (Gráfico 3). Essa característica comum às áreas úmidas reduz a reprodução e a atividade dos organismos decompositores da matéria orgânica, diferenciando-se do entorno bem drenado, onde a flutuação e a profundidade do lençol permitem a rápida ação dos agentes decompositores (Gráfico 4).

Gráfico 3 – Profundidade do lençol freático em uma área de nascente na bacia do Rio Uberabinha/MG



Fonte: Modificado a partir de Soares, 2012.

Gráfico 4 – Profundidade do lençol freático em uma área de topo na chapada Uberlândia-Uberaba

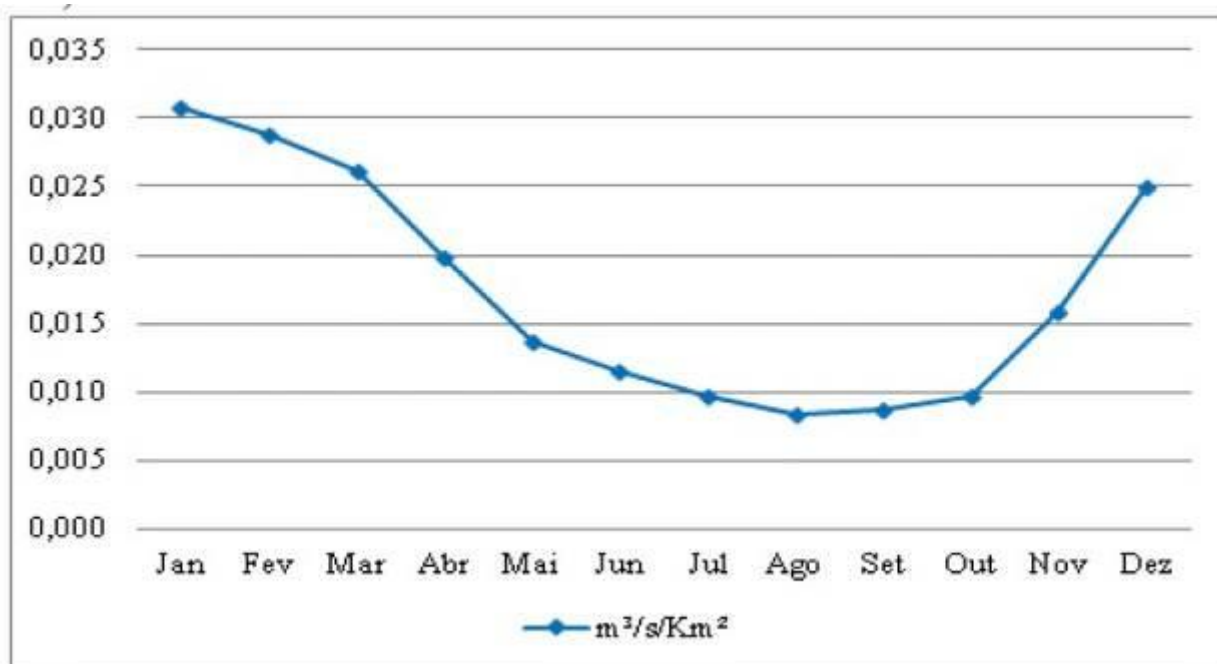


Fonte: Modificado a partir de Soares, 2012.

Com os dados apresentados por Soares (2012), é possível destacar dois ambientes distintos dentro da chapada: (1) um compartimento de topo e alta vertente, sensível às sazonalidades típicas do cerrado, com ressecamento da superfície do solo na estação seca e lençol com profundidades médias superiores a 1 m de profundidade; (2) um compartimento de fundo de vale e depressões de topo com estabilidade relativa de umidade e baixa profundidade do lençol freático.

O regime fluvial na bacia do Rio Uberabinha é concordante às características climáticas encontradas na chapada. De abril a outubro, a vazão do ponto analisado em relação à área da bacia à montante tem uma redução, correspondendo imediatamente ao período com o menor número de precipitações (Gráfico 5).

Gráfico 5 – Vazão específica, média mensal do Rio Uberabinha/MG medida na fazenda Letreiro (médias de 1976 a 2006)



Fonte: Hidroweb/ANA, 2011, adaptado por Queiroz, 2012.

Com essas características, o Rio Uberabinha apresenta retração de suas margens durante o inverno, permitindo uma melhor oxigenação dessas áreas, ao passo que, no verão, os pulsos do rio avançam e saturam o solo de várzeas e terraços. A variação do leito pode ser mais uma variável no ciclo do carbono nas áreas úmidas da chapada, visto que é possível deduzir que a ciclagem do carbono orgânico nos solos mais próximos ao eixo de drenagem seja reduzida de novembro a março e, no restante do ano, aumentada.

3.2 Embasamento geológico

A origem geológica da chapada remete-se a uma sucessão de acontecimentos que marcaram a idade recente da plataforma sul-americana, sobretudo no período Quaternário.

Na bacia do Alto Uberabinha, a cobertura detrito-laterítica de superfície sobrepõe-se aos arenitos da formação Marília e aos basaltos da formação Serra Geral (SOARES, 2012).

Entende-se que, ao retalhar o discreto vale dentro da chapada, o Rio Uberabinha e seus principais afluentes desnudam as formações geológicas que lhe dão suporte. O resultado é a sobreposição das áreas úmidas sobre a formação Marília, preferencialmente, sendo a cobertura detrito-laterítica a base das veredas e covaais na parte mais elevada da bacia (NISHIYAMA, 1989). A formação Marília na área da chapada é marcada por uma camada de arenitos pouco consolidados, dando ao relevo uma feição suave (FELTRAN, 1997).

3.3 Relevo e solos

A chapada Uberlândia-Uberaba está inserida na unidade de relevo que Ab'Saber (1971) classificou como Chapadões Tropicais do Brasil Central, uma formação do Terciário marcada por constante aplainamento e desgaste de suas superfícies. King (1956) atribui essa área à chamada Superfície Sul-Americana, pelos topos residuais entre 900 e 1000 m de altitude, resultados da desnudação entre o Cretáceo Inferior e o Terciário Médio.

Os ciclos de erosão²⁴ Velhas (Cretáceo Superior) e Paraguaçu (Pleistoceno) marcam a dissecação da Superfície Sul-Americana (ROSS, 2013), sendo que o ciclo Velhas foi caracterizado pelas incisões em vales bastante ramificados (KING, 1962) e o ciclo Paraguaçu, por ser temporalmente mais amplo, embute as feições dos testemunhos da Superfície Sul-Americana (ROSS, 2013).

Nesses termos, os topos residuais da Superfície Sul-Americana são recobertos por um profundo manto de alteração, rico em ferro e geoquimicamente evoluído, também sendo encontradas zonas com crostas lateríticas entre camadas arenosas (VALADÃO, 2009).

As feições gravadas na superfície da chapada do Rio Uberabinha evidenciam um relevo tabular a suavemente ondulado (SOARES, 2012). Baccaro (1990) assevera que as áreas de nascente dessa bacia estão situadas em um contexto de elevada altitude (entre 950 e 1050 metros), com a formação de vertentes pouco declivosas (de três a cinco graus de inclinação) de topos extensos.

Ainda segundo essa autora, nos fundos de vale há a ocorrência de faixas hidromórficas que acompanham a rede drenagem, pouco densa, formando

²⁴ É uma nova linha de interpretação dentro da geomorfologia nacional, utilizando-se dos conceitos de pediplanação e pedimentos (ROSS, 2013).

corredores de umidade. Elas podem estar acompanhadas de vegetação típica de vereda ou mesmo das espécies marcantes dos campos úmidos do cerrado.

A suavidade da chapada, exemplificada pela predominância de declives inferiores a 5% (SCHNEIDER, 1996), confere a essa região uma homogeneidade nas formas e feições. Dessa forma, concorda-se com Ab'Sáber (2003), que diz que tal característica deriva da combinação de fatores físicos, ecológicos e bióticos, em que a repetição das paisagens vegetais e formas de relevo auxilia a monotonia desses ambientes.

Os solos da chapada variam de um Latossolo Vermelho ao Latossolo Vermelho Escuro, típicos da decomposição da formação Serra Geral, associados aos níveis de areia oriundos da Formação Marília (FELTRAN, 1997).

Nos fundos de vale e depressões de topo, são encontrados solos hidromórficos do tipo Glei (BACCARO, 1994). Segundo Ramos et al. (2006), nas veredas da chapada existe uma tendência de transição entre o terço inferior em direção ao terço superior dessas áreas, passando dos Organossolos Mésicos para os Gleissolos Melânicos e Gleissolos Háplicos.

Os Gleissolos desenvolvidos em chapada apresentam uma predominância das frações finas na granulometria, principalmente argila, o que contribui para os valores de densidade geralmente maior que $1,5 \text{ Kg dm}^{-3}$ (NASCIMENTO et al. 2009; BISPO et al., 2011).

Além disso, os minerais predominantes nos Gleissolos da área de estudo são caulinita, gibbsita, mica, cristobalita, anatásio, quartzo e vermiculita, com hidróxi-alumínio entre camadas (RAMOS et al., 2006). O teor de P e SiO_2 apresenta valores mais expressivos que o entorno bem drenado, recoberto por latossolos (BISPO et al., 2011).

4 METODOLOGIA

4.1 Atividades de campo: seleção da área de estudo e coleta de amostras do solo

Para atingir os objetivos propostos nesta pesquisa, foram inicialmente realizados trabalhos de campo relacionados ao reconhecimento da paisagem da chapada, precisamente nas nascentes do Rio Uberabinha localizadas na chapada entre os municípios mineiros de Uberlândia e Uberaba, situada entre as coordenadas S 19°35'36"; O 47°53'21" e S 18°59'44"; O 47°24'04". Essa etapa de campo serviu para selecionar uma área que melhor representasse as dinâmicas e os processos envolvendo o carbono orgânico do solo nos ambientes úmidos (veredas) do cerrado, para comparar como esse elemento se comporta em superfície e subsuperfície de uma topossequência.

Por facilitar o estudo macromorfológico e as coletas de amostras do solo, os trabalhos de campo ocorreram nos meses da estação seca, principalmente entre agosto e setembro. Conforme apresentado no Gráfico 3, na estação seca, a altura do lençol freático tende a rebaixar em comparação com a estação úmida, permitindo a individualização dos horizontes nos perfis e evitando a possibilidade de contaminação das amostras dos horizontes minerais com matéria orgânica durante a fase de coleta das amostras.

A presença de perfis típicos de ambientes permanente ou sazonalmente saturados se sobressai na paisagem composta por solo laterítico bem drenado do cerrado, hoje majoritariamente ocupado por agricultura. As áreas com solos saturados apresentam perfis compostos por horizontes de cor cinza muito escuro a preto, nítidos, indicando elevado teor de carbono orgânico (MACHADO, 2011). Foram observadas mudanças de cor dos horizontes ricos em matéria orgânica do centro para o interflúvio, sugerindo redução da saturação e caracterizando os segmentos de transição na vertente entre o Gleissolo e o Latossolo. Nas veredas, os horizontes orgânicos se sobrepõem aos horizontes típicos dos processos de hidromorfismo, com coloração cinza e textura arenosa.

A vertente estudada localiza-se na margem esquerda do Ribeirão Beija-Flor, afluente da margem esquerda do Rio Uberabinha (Figura 9). Essa área foi objeto de estudo em outros trabalhos (SCHNEIDER, 1996; BACCARO, 1990; FELTRAN,

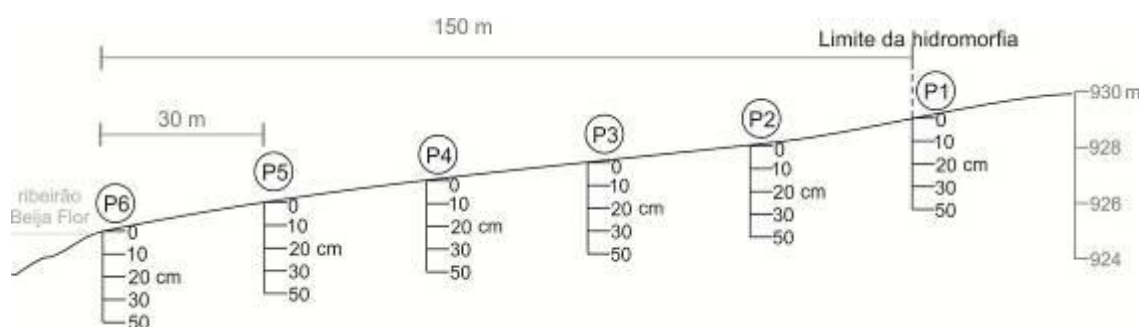
1997), embora com temas pertinentes a este. Tal rio tem importância estratégica para o ordenamento territorial do município de Uberlândia/MG; *a priori*, por ser a principal fonte para abastecimento público da cidade, e, *a posteriori*, pela crescente demanda do recurso hídrico para a atividade industrial e agropecuária (QUEIROZ, 2012).

As amostras foram coletadas em topossequência de 150 m de extensão, posicionada em um ângulo de 90° do eixo principal do Ribeirão Beija-Flor. A topossequência liga os dois segmentos da paisagem característica dessa região: à montante, as áreas bem drenadas de uso agrícola e pastoril, e à jusante, as áreas úmidas do cerrado.

Foram definidos seis pontos de coleta, com equidistância de 30 metros (Figura 8), garantindo a amostragem de solos com diferentes condições de saturação fundamentais para posterior estudo da dinâmica do carbono orgânico. Os pontos foram nomeados de P1 a P6, conforme a posição topográfica, sendo P1 localizado na parte topograficamente mais elevada da topossequência e P6, na parte mais baixa.

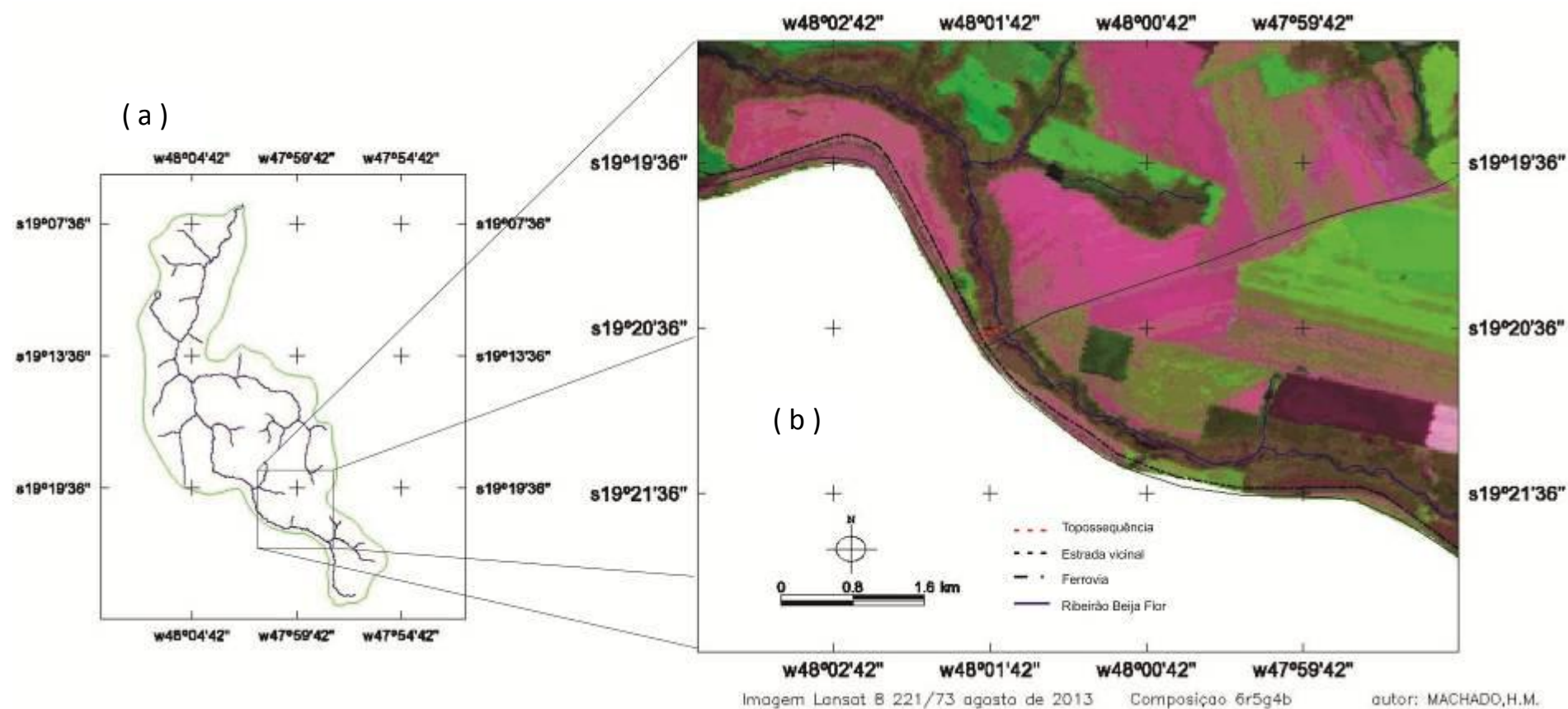
Em cada ponto, foram coletadas amostras em quatro profundidades, sendo elas: 0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm e 30-50 cm, considerando que o carbono varia significativamente conforme a profundidade do perfil (BERNOUX et al., 2002; JÚNIOR et al., 2009; ALVARENGA; SIQUEIRA; DAVIDE, 1999). Em síntese, a distribuição lateral e vertical dos pontos de amostragem permitirá avaliar o carbono de acordo com sua dinâmica relacionada à transição de um ambiente de oxidação para um ambiente de redução.

Figura 8 – Distribuição dos pontos e profundidade das coletas



Fonte: Elaboração do autor.

Figura 9 – Localização da área de estudo. “a” = Bacia do Ribeirão Beija-Flor; “b” = Topossequência de estudo em uma área úmida da margem esquerda do Ribeirão Beija-Flor.



Fonte: Elaboração do autor.

A coleta de amostras foi feita de acordo com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 1997). Em cada ponto foi aberta uma trincheira de 80 cm x 60 cm, com 60 cm de profundidade. As paredes foram limpas com faca, e as amostras coletadas foram acondicionadas em sacos plásticos, identificados e posteriormente enviados para o laboratório para iniciar as etapas de preparação e análises.

O Quadro 3 sintetiza os procedimentos de preparação das amostras para as análises de textura do solo, Carbono Orgânico Total (COT), carbono fracionado e pH.

Quadro 3 – Síntese dos procedimentos de preparo das amostras para análises laboratoriais

		Análises			
		Textura do solo	COT	C fracionado	pH
Procedimentos	Uniformização da umidade	Seco ao ar	Seco ao ar	Seco ao ar	Seco ao ar
	Peneiramento	2 mm	0,210 mm	2 mm	2 mm
	Queima da MOS	Peróxido de hidrogênio	---	---	---
	Eliminação de raízes	---	Catação manual	Catação manual	---

Fonte: Elaboração do autor.

A umidade do solo foi estabilizada em todas as amostras após a exposição, por três semanas, do material à atmosfera ambiente do laboratório. Na sequência, foram coletadas aleatoriamente alíquotas de diferentes amostras para o cálculo de umidade, sendo considerado padronizado quando todas estivessem abaixo de 5%.

Com relação à análise da textura do solo, a umidade é determinada em dois momentos. Segundo a Embrapa (1997), para a realização da metodologia é necessário utilizar o material com umidade padronizada ao ar atmosférico.

4.2 Desenho do perfil topográfico

Inicialmente, a ilustração foi realizada em campo, utilizando papel milimetrado A3, régua, lápis e borracha. Posteriormente, o material foi digitalizado em gráfica e transformado em arquivo matricial, formato adequado para o tratamento da imagem. Por fim, o arquivo foi vetorizado no programa Inkscape e exportado no formato desejado.

As aferições da altura do lençol freático foram feitas em furos produzidos com trado tipo holandês, em intervalos de 50 cm entre cada ponto. Os pontos foram ligados por um vetor, representando os valores médios encontrados na topossequência.

A distribuição lateral e vertical dos teores de COS foi representada por meio da associação entre os níveis de cinza (0-256), disponíveis no *software* Inkscape, e os valores obtidos em laboratório. A maior concentração foi classificada como 0 (cor preta), e a menor como 256 (cor branca), ou seja, a cada 1% de variação do teor de COS, o nível de cinza variou em 15,05, obtendo-se uma escala de classes de valores de concentração (Quadro 4).

Quadro 4 – Escala de cinza correspondente aos teores de COS

Teor de COS	Níveis de Cinza	Escala de Cinza
1%	256	
11%	105	
18%	0	

Fonte: Elaboração do autor.

4.3 Análises de laboratório

4.3.1 Análise granulométrica

A distribuição dos tamanhos das partículas minerais exerce forte influência nas propriedades físico-químicas do solo. Sua quantificação é

instrumento básico para a descrição de suas características e ponto de partida para a explicação de várias propriedades (BRADY; WEIL, 2013).

O método adotado nesta pesquisa é uma adaptação daquele proposto pela Embrapa (1997), devido ao elevado teor de matéria orgânica do solo, o que dificulta a dispersão e a separação das frações granulométricas. De cada amostra coletada no campo, foram separadas três alíquotas de 50 g de Terra Fina Seca ao Ar, colocadas em cadinhos de porcelana, sendo adicionados 10 mL de água destilada.

Após o umedecimento, foram adicionadas sucessivas doses de 25 mL de peróxido de hidrogênio (H_2O_2 70%) até o desaparecimento total de efervescência, o que indica a reação de oxidação da matéria orgânica. Após a eliminação dos materiais orgânicos, o solo foi deixado em repouso até o retorno da umidade a menos de 5%.

Feito o pré-tratamento, foram separadas 10 g de cada amostra, pesadas em balança de precisão. Em seguida, foram adicionados 50 mL de hidróxido de sódio (NaOH 1N). A dispersão química das partículas é garantida pela reação com o hidróxido de sódio.

As amostras foram agitadas mecanicamente durante 24 horas em 220 rpm. Após o término dessa etapa, as amostras foram lavadas sobre peneiras de abertura de malha de 0,210 mm e 0,053 mm, retendo as frações de areia grossa e fina, respectivamente. As amostras foram transferidas para provetas, aferidas a 1000 mL com água destilada, agitadas manualmente e deixadas em repouso para posterior coleta das frações argila e silte por pipetagem. O silte e a argila foram coletados levando em consideração o seu tempo de sedimentação, segundo a equação da Lei de Stokes:

$$V = \frac{h}{t} = \frac{d^2 g (P_p - P_f)}{18\eta}$$

Em que:

V = Velocidade de deposição

G = Aceleração da gravidade

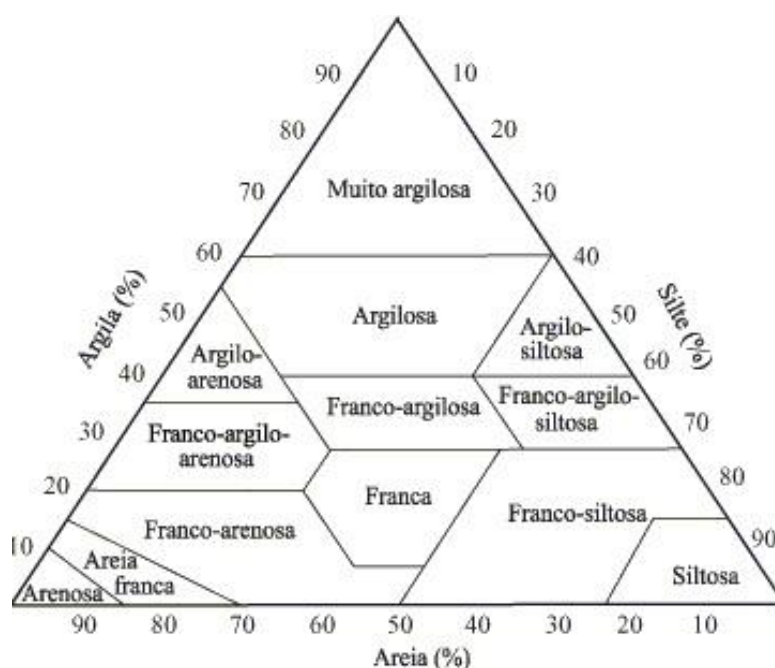
η = Viscosidade da água a 20 °C

P_p = densidade das partículas sólidas

Pf = densidade do fluído

Os cadinhos contendo as frações de areia grossa, areia fina, silte e argila foram colocados na estufa a 105 °C por 12 horas, em seguida pesados, e, com isso, mostraram-se os resultados obtidos. O enquadramento em classes texturais foi feito utilizando o triângulo textural proposto por Lemos e Santos (1984), apresentado por Silva et al. (2004) (Figura 10).

Figura 10 – Triângulo textural para classificação dos solos, segundo sua granulometria



Fonte: Lemos; Santos, 1984, apud Silva et al., 2004.

Todavia, quando todo o procedimento metodológico é realizado e os resultados são atingidos, o cálculo para determinação da textura é corrigido pela umidade da amostra seca em estufa (> 100 °C), eliminando quase toda a água do solo. Assim, o fator de correção aplicado ao resultado se refere à razão entre a quantidade de solo utilizado (descontando a umidade encontrada na estufa) pela soma das frações granulométricas encontradas pela análise.

As análises físicas foram realizadas no Laboratório de Manejo e Conservação dos Solos, no Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia (LAMAS/IAC/UFU), de março a julho de 2013.

4.3.2 Teor de Carbono Orgânico Total (COT)

A determinação do teor de carbono orgânico nas amostras foi realizada no Laboratório de Fotoquímica e Ciência de Materiais, do Instituto de Química (IQ) da UFU, de novembro de 2012 a julho de 2013.

As amostras foram submetidas ao método de análise por combustão, amplamente utilizado e com grande precisão analítica (LIANG; WANG; MA, 2002; CHEN; ZU, 2005; MACHADO, 2011), que consiste na transformação do carbono orgânico presente nas amostras sólidas para o estado gasoso e sua posterior detecção. A determinação do carbono orgânico total foi realizada com o equipamento Total Organic Carbon Analyzer (Shimadzu Corporation TOC-5000A).

Inicialmente, as amostras de solo foram peneiradas em peneira com abertura de 0,210 mm e estabilização da umidade em ambiente atmosférico. Posteriormente, 0,40 g de solo foram inseridos em dois analisadores individualizados, um para determinação do Carbono Total (CT) e outro para o Carbono Inorgânico (CI). Para a primeira análise, é necessária a sobreposição de lã de cerâmica ao material analisado e, para a segunda, a adição de 0,4 mL de ácido fosfórico 2,0 mol L⁻¹.

A combustão das amostras é feita em diferentes temperaturas, com média de 900 °C para o CT e 200 °C para o CI. O gás resultante da combustão é automaticamente transportado para o módulo central de mensuração, que gera os dados e realiza as equações de transformação para o COT:

$$COT = CT - CI$$

Foram feitas quatro repetições por amostra de solo, totalizando 96 determinações de COT.

4.3.3 Teor de humina e ácidos húmico e fúlvico

O fracionamento das substâncias húmicas das amostras (humina, ácidos húmicos e fúlvicos) e a posterior extração do carbono dessas substâncias foram realizados a partir da solubilidade diferencial (SWIFT, 1996).

As frações da matéria orgânica foram divididas a partir da adição de 40 mL de hidróxido de sódio (NaOH) $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ em 2,5 g de solo e colocadas num tubo falcon de 50 mL (as amostras foram deixadas em repouso durante 24 horas). Após essa etapa, foram agitadas a 3.000 rpm em centrífuga por 15 minutos, sendo que o ácido húmico se precipita, separando-se visualmente dos demais compostos. O sobrenadante dessa reação foi transferido para outro tubo falcon de 50 mL.

Para extração do ácido fúlvico, foram adicionados 5 mL de ácido sulfúrico concentrado dentro da solução do tubo falcon com as 2,5 g de solo inicial, que foram deixados em repouso por mais 24 horas. Após a agitação a 3.000 rpm por 15 minutos em centrífuga, o sobrenadante foi transferido para outro tubo falcon de 50 mL. O material restante no tubo falcon é a humina, insolúvel tanto em meio ácido quanto em meio básico.

Para determinação do teor de carbono orgânico em cada uma das frações, foi utilizado o método de oxidação do dicromato de potássio ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) em meio ácido (YEOMANS; BREMNER, 1988).

Na determinação do COT da humina, foram utilizados 0,2 g do material resultante da extração dos ácidos orgânicos e colocados num tubo de ensaio; em seguida, foram adicionados 8 mL de dicromato de potássio e 7,5 mL de ácido sulfúrico concentrado para fornecer calor à reação. Na sequência, a solução foi transferida para o bloco digestor, ficando aquecida a 300°C por 30 minutos.

Após a digestão, a solução foi transferida para um erlenmeyer de 250 mL que foi completado com água destilada. Em seguida, foram adicionados 0,5 mL de ferroin (fenatrolina com sulfato ferroso), solução usada como indicador. Por fim, a solução foi titulada utilizando o sulfato ferroso (FeSO_4) $0,4 \text{ mol L}^{-1}$.

Para a determinação do COT dos ácidos orgânicos, a diferenciação metodológica foi o volume de solo utilizado. Como ambas as substâncias estão no estado líquido, foi retirada uma alíquota de 40 mL. Cumpre ressaltar que as demais etapas foram semelhantes às desenvolvidas para determinar o COT da humina.

4.3.4 Estatística

Todas as amostras foram analisadas em quatro repetições para as análises de carbono, dando ao experimento um grau de liberdade igual a 3. O universo amostral deste trabalho é 96, sendo seis pontos com quatro profundidades de coleta.

O tratamento estatístico foi feito utilizando o *software* Sisvar 5.3 (FERREIRA, 2008), com as análises de variâncias das médias pelo teste de Tukey ($< 0,05$).

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Os ambientes de acumulação

As áreas úmidas das chapadas são caracterizadas geralmente pela quantidade elevada de argila encontrada em superfície e subsuperfície, influenciando outras propriedades físico-químicas desses solos (BISPO et al., 2011; SOARES, 2012; FONSECA, 2002). As amostras de solo dentro da área de estudo apresentaram variação entre as classes Muito Argiloso, com concentrações de argila superiores a 80%, e Franco Argilo Arenoso, com menos de 40% de argila (Tabela 2).

Tabela 2 – Distribuição das médias das frações granulométricas nos pontos de coleta

	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila
P1 0-10	0,49	1,58	16,42	81,50
P1 10-20	0,29	0,90	15,20	83,61
P1 20-30	0,21	0,63	16,87	82,29
P1 30-50	1,57	6,12	31,21	61,10
P2 0-10	1,63	3,98	28,85	65,54
P2 10-20	1,58	3,31	27,23	67,88
P2 20-30	9,52	9,98	9,28	71,23
P2 30-50	16,24	17,08	17,17	49,51
P3 0-10	0,61	5,60	28,33	65,45
P3 10-20	3,30	5,65	35,48	55,57
P3 20-30	6,38	7,51	41,74	44,37
P3 30-50	29,66	15,01	8,90	46,42
P4 0-10	16,09	11,91	10,52	61,48
P4 10-20	28,34	17,94	16,37	37,34
P4 20-30	35,49	23,45	2,32	38,75
P4 30-50	30,65	26,46	5,10	37,79
P5 0-10	3,53	4,58	22,15	69,73
P5 10-20	8,67	9,71	21,71	59,90
P5 20-30	17,97	16,60	22,90	42,53
P5 30-50	19,35	16,37	21,88	42,40
P6 0-10	1,07	3,71	22,37	72,85
P6 10-20	15,55	16,89	21,34	46,22
P6 20-30	13,38	34,53	15,32	36,78
P6 30-50	14,68	20,00	8,78	56,54

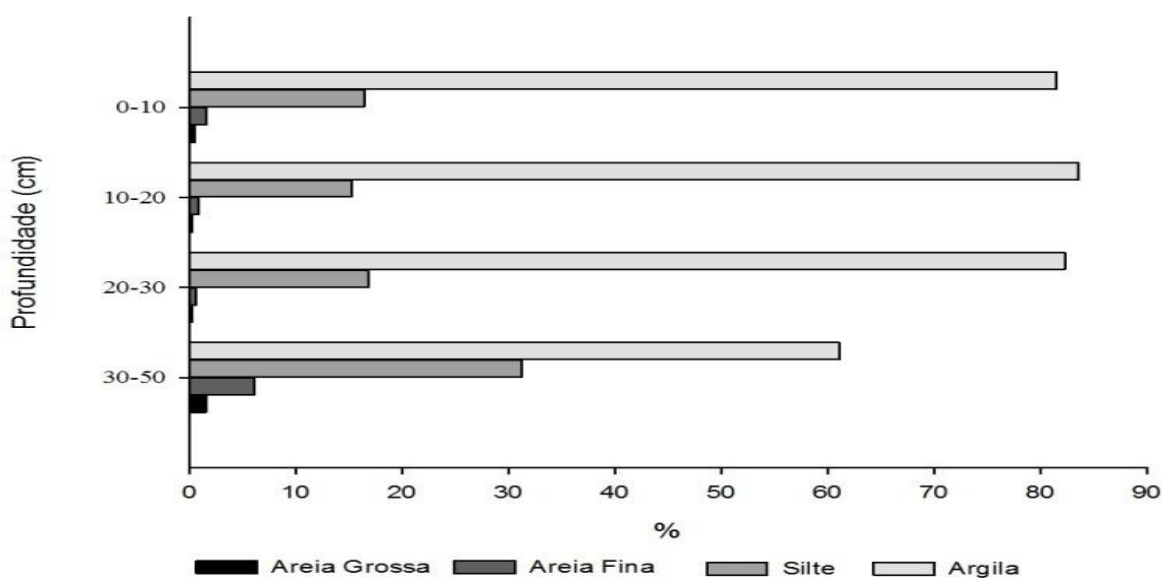
Fonte: Elaboração do autor.

Ao avaliar a distribuição dos valores na topossequência, observa-se a tendência de aumento do teor total de areia da superfície para a profundidade dos perfis. Por exemplo, em P6, ponto mais à jusante, houve aumento de 4,78% (0-10 cm) para 34,68% (30-50 cm) na quantidade total de areia. Comportamentos semelhantes foram encontrados em P2, P3 e P5.

P1 distingue dos demais pontos por apresentar maior quantidade de argila nas camadas analisadas (Gráfico 6). Essa concentração de argila influenciará os teores de carbono acumulados em cada horizonte, fazendo com que P1 seja o único ponto que, nos horizontes em subprofundidade (20-30 cm e 30-50 cm), concentre mais carbono que o horizonte de superfície (0-10 cm).

Nesse ponto, a altura do lençol freático não atinge os horizontes amostrados durante o período de seca. Porém, a presença de manchas de oxidação-redução indica saturação sazonal. Tal dinâmica ocorre mais nitidamente em P1, ao passo que, nos outros, a morfologia do solo indica condições de saturação mais longas e acentuadas.

Gráfico 6 – Distribuição das frações granulométricas em P1

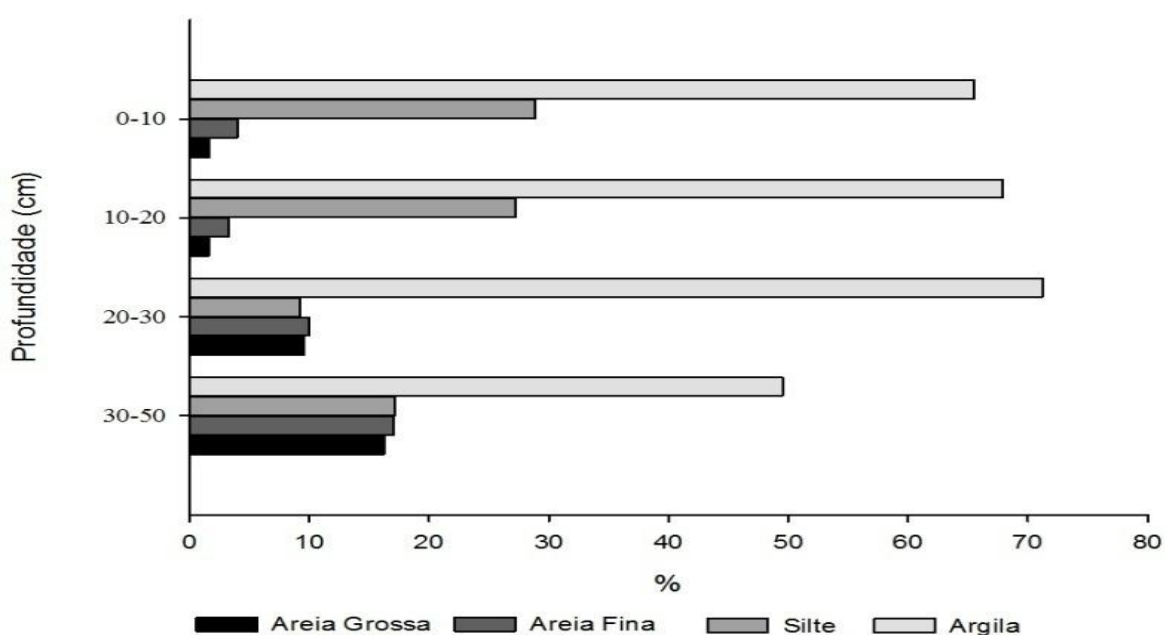


Fonte: Elaboração do autor.

P2 marca a transição para os perfis com redução de argila em profundidade, apresentando uma redução de 16% dessa fração na camada de 0-10 cm (Gráfico 7). Assim, entre as profundidades de 10 a 50 cm, as frações de areia fina e grossa tiveram um aumento respectivo de 22,72% e 25,27%.

Além da diferenciação granulométrica, P2 evidencia uma mudança na dinâmica do lençol freático, sendo encontrado em todos os pontos à jusante a menos de 55 cm da superfície.

Gráfico 7 – Distribuição das frações granulométricas em P2

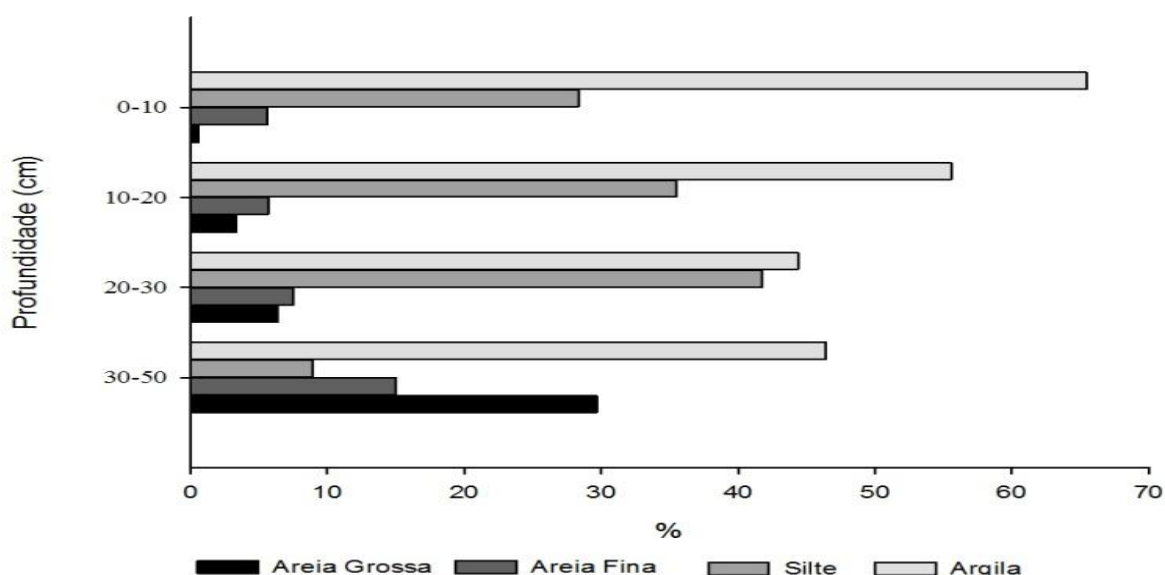


Fonte: Elaboração do autor.

P3 segue a tendência de distribuição das partículas, ou seja, aumento relativo da areia em profundidade. Diferencia-se de todos os outros por apresentar teor mais elevado de silte entre 10 e 30 cm e concentração de areia grossa a partir de 30 cm (Gráfico 8). O aumento da concentração de areia é mais expressivo conforme se aproxima de P4, deixando de ser uma característica exclusiva das camadas superiores a 30 cm para se tornar uma propriedade característica das camadas de solo a partir de 10 cm de profundidade em P4, P5 e P6.

Devido a um aplainamento da topografia entre os pontos P2, P3 e P4, a profundidade do lençol em P3 foi de 25 cm da superfície, mesmo esse ponto estando afastado mais de 90 m da margem do Ribeirão Beija-Flor.

Gráfico 8 – Distribuição das frações granulométricas em P3

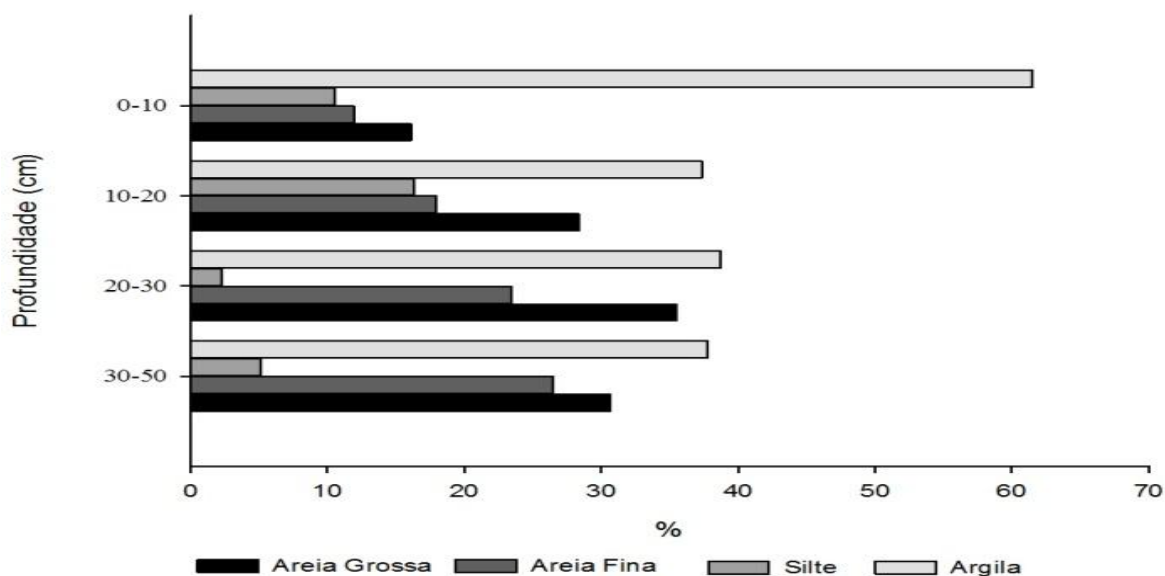


Fonte: Elaboração do autor.

P4 é o mais arenoso entre os pontos analisados (Gráfico 9), destacando a fração areia grossa, que apresentou teores elevados mesmo em superfície (16%). De modo contrário, a argila em subsuperfície teve os menores valores, variando de 37,3% (10-20 cm) a 38,4% (20-30 cm), fato que não foi observado no horizonte superficial, mantendo-se os mesmos valores encontrados nos horizontes correspondentes aos demais pontos.

De maneira geral, a camada de 0-10 cm se caracterizara como a mais argilosa do perfil, com uma variação de 20% entre os pontos P2 e P6.

Gráfico 9 – Distribuição das frações granulométricas em P4



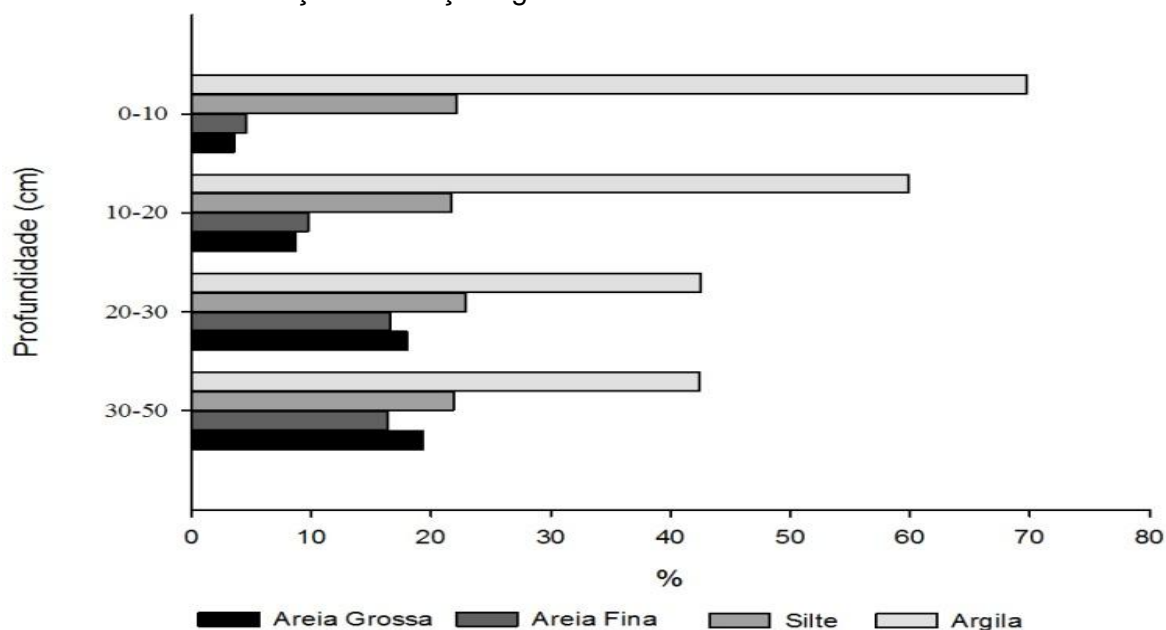
Fonte: Elaboração do autor.

Os pontos 5 e 6 fazem parte da jusante da topossequência e estão mais sujeitos às flutuações do lençol freático. Os teores de areia total encontrados nesses pontos evidenciam um enriquecimento relativo proveniente da desferruginização, translocação e, conseqüentemente, remoção de partículas finas.

Na medida em que o ambiente se torna mais favorável à redução, a topossequência tende a apresentar maiores teores de areia em subsuperfície. Enquanto isso, as camadas superficiais de 0-10 cm e 10-20 cm por acumularem os maiores teores de matéria orgânica, conseguem manter associados os coloides minerais com as substâncias orgânicas geralmente muito reativas.

Em P5, na camada de 30-50 cm, houve um incremento relevante nos teores de areia total, reafirmando a perda de argila em profundidade pela redução do ferro, remoção dos coloides e transporte pelo lençol freático. (Gráfico 10).

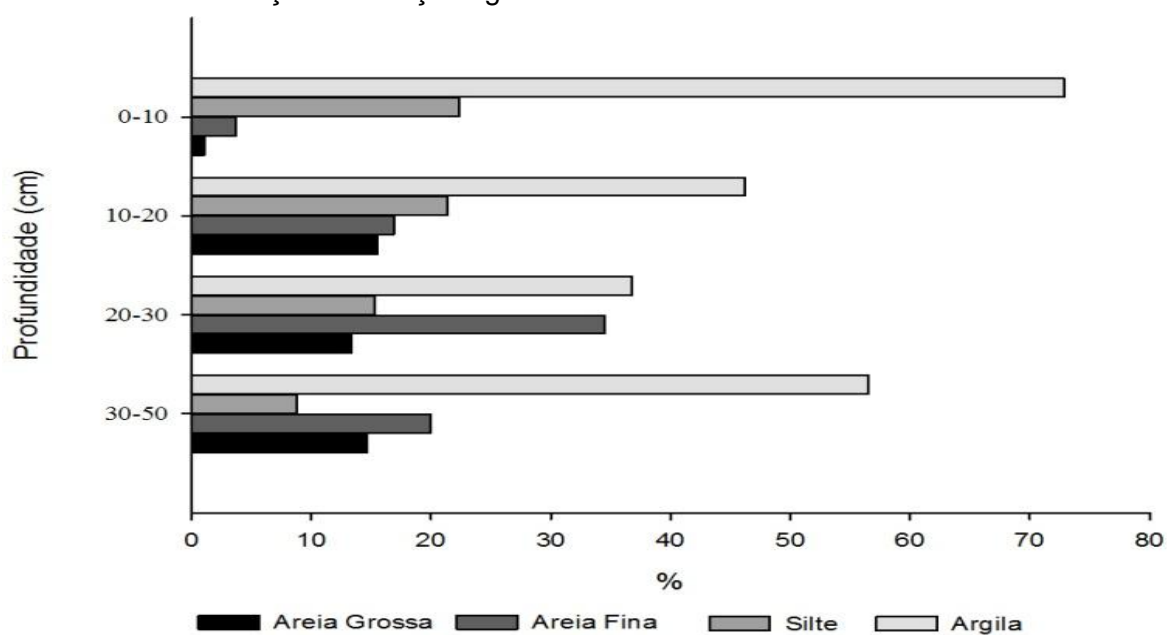
Gráfico 10 – Distribuição das frações granulométricas em P5



Fonte: Elaboração do autor.

No ponto 6, a concentração de areias na camada mais profunda é mais destacada na profundidade de 20-30 cm e 30-50 cm, ressaltando a fração da areia grossa, com 34,5% em 20, 30 cm; e 20% em 30, 50 cm (Gráfico 11). Tanto o ponto 5 quanto o 6 nessas profundidades estão constantemente saturados pelo lençol freático.

Gráfico 11 – Distribuição das frações granulométricas em P6



Fonte: Elaboração do autor.

De maneira geral, conforme a granulometria, pode-se distinguir três condições na topossequência: (1) na montante (P1), o solo possui uma granulometria predominantemente argilosa, por estar num ambiente menos favorável à redução e, assim, ele conserva os teores de argila encontrados nos solos do entorno bem drenado; (2) uma condição de transição (P2-P3), destacada pela redução da fração argila nas profundidades 10-20 cm, 20-30 cm e 30-50 cm; e (3) nos pontos mais próximos ao eixo de drenagem (P4-P5-P6), os perfis analisados possuem teores de argila elevados na camada de 0-10 cm, enquanto que, nas camadas subsuperficiais, há um enriquecimento relativo de areia.

5.2 DISTRIBUIÇÃO DO TEOR DE CARBONO ORGÂNICO DO SOLO, DE ACORDO COM A PROFUNDIDADE

Os resultados apresentados na Tabela 3 mostram a quantidade de carbono acumulado em razão da profundidade do perfil, assim como a relação entre posição topográfica na topossequência e a concentração desse elemento.

O coeficiente de variação (CV) menor que 10 indica homogeneidade entre o desvio e as médias em cada ponto e profundidades analisadas, dando segurança estatística para os dados e, conseqüentemente, para os seus desdobramentos analíticos

Tabela 3 – Carbono Orgânico Total do solo

Ponto de coleta	Carbono orgânico do solo			
	_____%____			
	Profundidade (cm)			
	0-10	10-20	20-30	30-50
P1	10,058 Ca	6,8035 Cb	5,8415 Bc	9,9625 Fa
P2	9,9465 Ca	7,894 ABc*	8,771 Db	7,8217 Ec
P3	11,9972 Ba	12,551 Ea	10,6292 Eb	6,4615 Dc
P4	11,782 Bd	8,4787 Aa	4,6307 Cb	1,7765 Cc
P5	17,5877 Ad	10,298 Da	8,1967 Db	5,665 Ac
P6	17,2735 Ad	7,7307 Ba	7,065 Ab	4,393 Bc
CV = 4,0	DMS do ponto de coleta = 0,7370		DMS da profundidade = 0,6621	

Resultado significativo com interação dupla entre as variáveis ponto de coleta e profundidade. As médias seguidas de letras maiúsculas na coluna e minúsculas na linha diferenciam entre si pelo teste Tukey ($P < 0,05$). * Resultado significativo com interação tripla entre as variáveis ponto de coleta e profundidade.

Fonte: Elaboração do autor.

Ao analisar a Tabela 3, é possível observar a tendência do horizonte superficial de 0-10 cm apresentar os maiores teores de carbono orgânico em relação às demais profundidades de análise. Tal fato se deve à proximidade com os depósitos recentes de matéria orgânica ao solo e com a vegetação em superfície (JOBBÁGY; JACKSON, 2000; LORENZ; LAL, 2005).

Também em superfície de área úmida do cerrado, Meirelles et al. (2012) encontraram teores de carbono orgânico variando de 11 a 17% aproximadamente. Isso mostra as limitações que a umidade elevada oferece para a oxidação do material depositado em superfície.

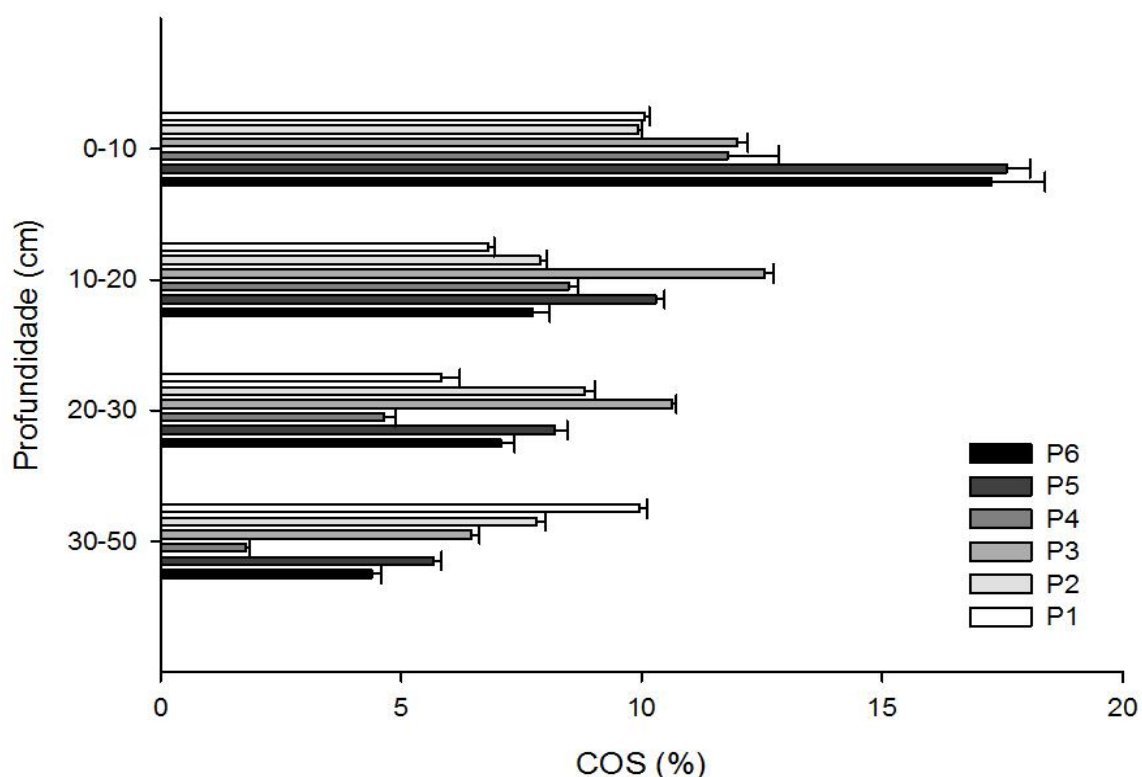
O padrão de acumulação em superfície também é verificado em outros biomas (JOBÁGY; ROBERT; JACKSON, 2000), demonstrando que a superfície é o *locus* preferencial dos estudos de carbono orgânico (BERNOUX et al., 2002).

A análise de variância mostra que, em profundidade, há uma diferenciação significativa entre as camadas possível de ser visualizada em todos os pontos de coleta. Segundo Rumpel e Kögel-Knabner (2011), tal variação em profundidade deriva das diferenciações de textura e mineralogia entre as camadas dos solos, o que Zin et al. (2012) indica como uma das complexidades em estudar o COS.

No ponto P1, essa variação fica clara na profundidade de 30-50 cm, em que o teor de carbono apresenta valores maiores que nas profundidades menores (10-20 cm e 20-30 cm), possivelmente sendo uma deposição mais antiga que foi protegida da oxidação pela altura do lençol freático. Um horizonte semelhante foi encontrado próximo à área de estudo deste trabalho (MACHADO, 2011), mas ainda são necessários outros trabalhos nesse horizonte para identificar sua gênese.

Com exceção dos pontos P1 e P2, todos os demais apresentaram uma redução no teor de COS conforme se aprofunda no perfil (Gráfico 12). A maior redução foi verificada em P6, com uma diminuição de 13,88% de carbono entre 0-10 cm e 30-50 cm.

Gráfico 12 – Carbono Orgânico Total do solo dos pontos de coleta por profundidade de análise



Observação: Os teores de carbono são representados pelas barras horizontais, e o desvio médio, pelas linhas.

Fonte: Elaboração do autor.

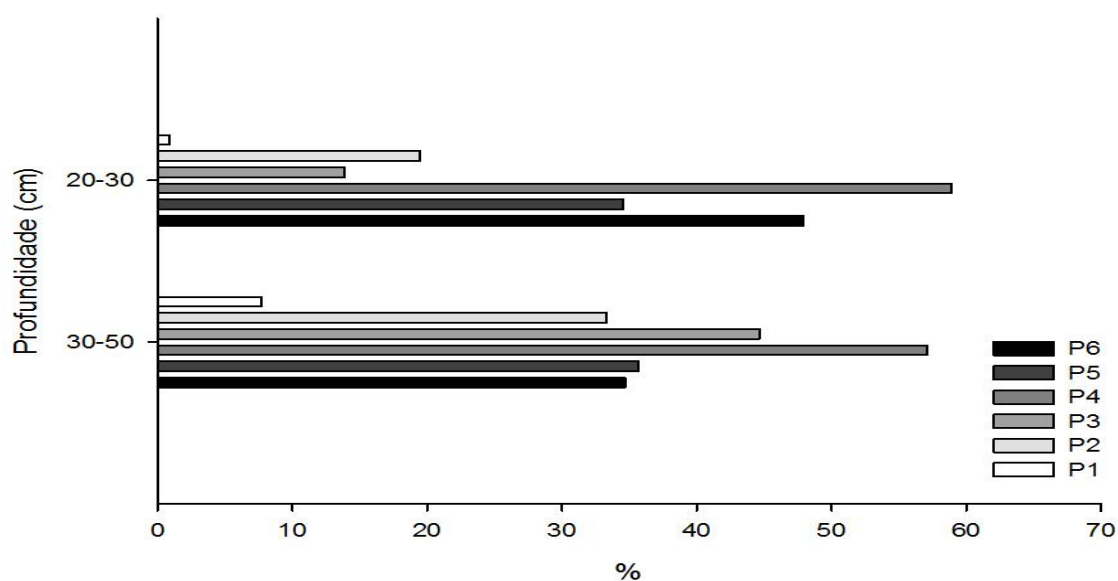
Em P4, a redução de argila nas camadas de 20-30 cm e 30-50 cm teve resposta imediata no teor de carbono, indicando valores inferiores aos pontos à montante (P1, P2 e P3) nessas profundidades de coleta.

Hardon (1936 apud NOORDWIJK et al., 1997) demonstrou, em seu trabalho, uma redução de mais de 70% entre os teores de carbono da superfície (0-10 cm) e subsuperfície (10-30 cm) em ambiente úmido de floresta tropical. No ambiente deste trabalho, a redução média foi de 29,7% no intervalo 0-10 cm a 10-20 cm, com algumas exceções, a exemplo do P6, que teve uma redução entre camadas de 57,2%. De certo modo, essa redução média na área de estudo ilustra a continuidade do pacote orgânico em profundidade.

P5 e P6 foram os pontos que mais acumularam carbono na superfície do solo, diferenciando-se dos demais devido à proximidade do lençol freático da

superfície (Figura 11) que diminui as condições de oxidação e decomposição da matéria orgânica. Ainda nesses pontos, nas duas camadas mais profundas deste estudo (20-30 cm e 30-50 cm), os teores de areia total exerceram uma forte influência nos teores de carbono do solo (Gráfico 13), explicando a redução segundo a profundidade.

Gráfico 13 – Areia total na profundidade de 20-30 cm e 30-50 cm, entre os pontos 1 e 6.



Fonte: Elaboração do autor.

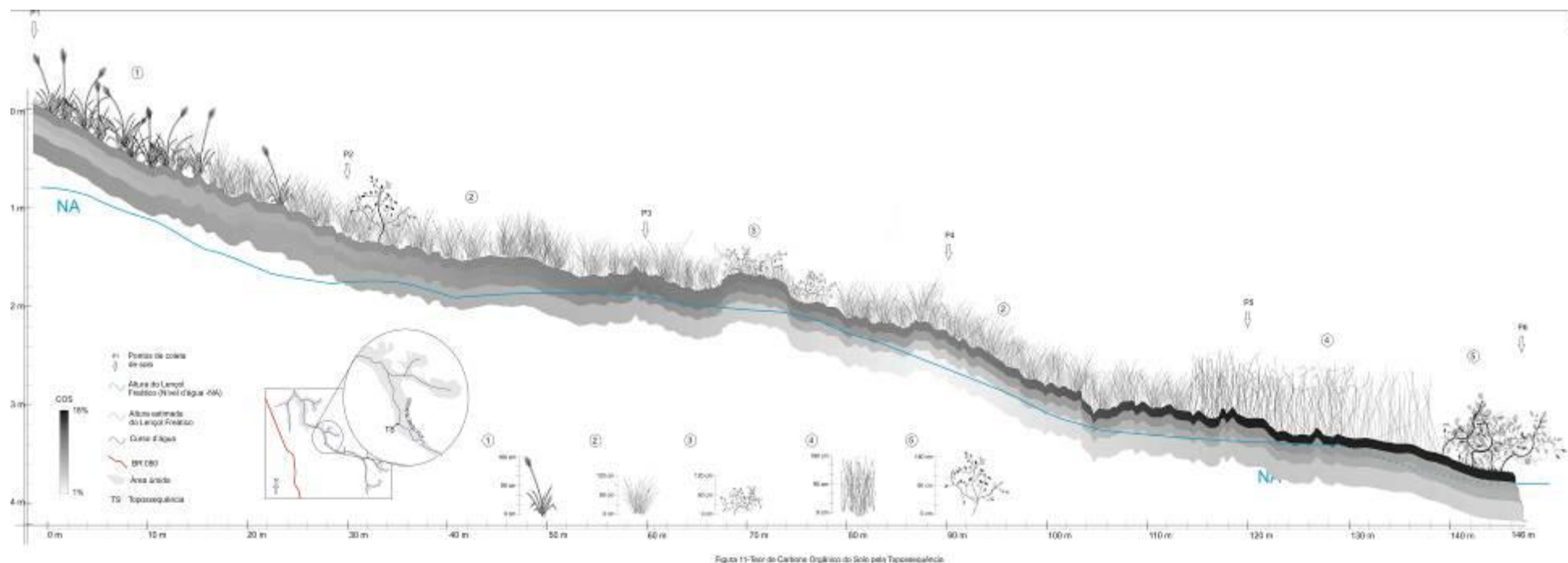


Figura 11 – Toposequência com os teores de Carbono Orgânico Total do solo

Fonte: Elaboração do autor.

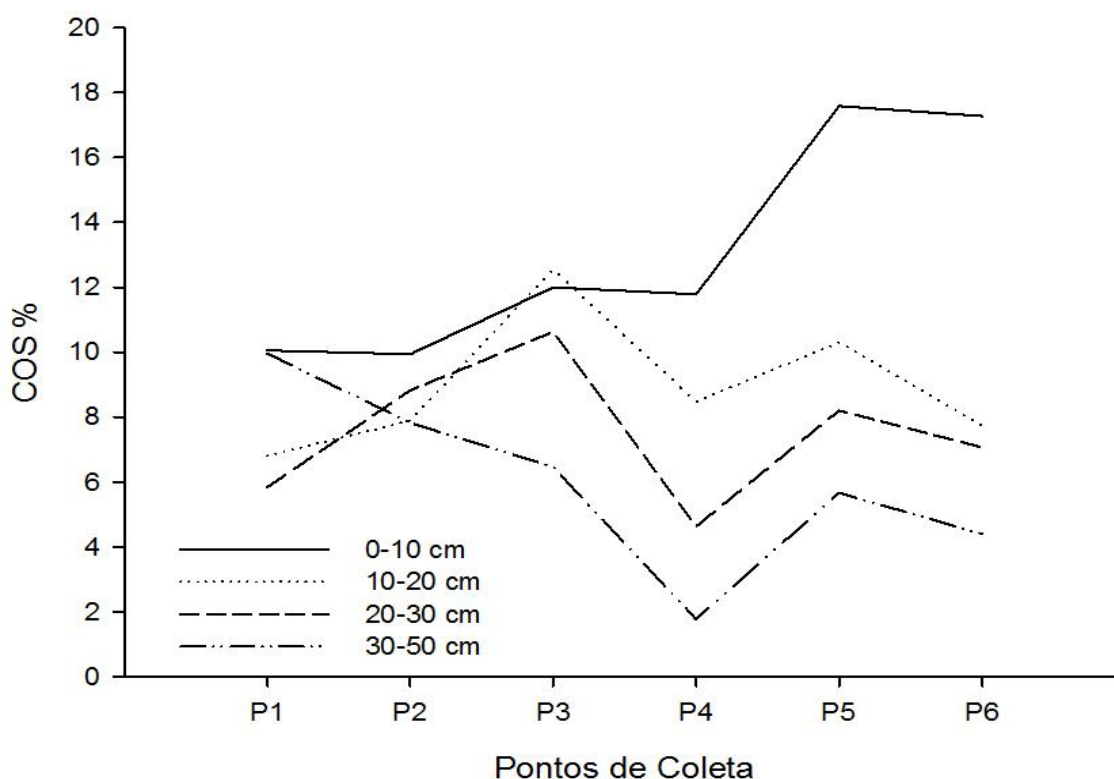
5.3 DISTRIBUIÇÃO DO TEOR DE CARBONO ORGÂNICO DO SOLO, DE ACORDO COM A TOPOGRAFIA

Os teores de carbono do solo estão relacionados com a posição topográfica que ocupam na paisagem, visto que os processos de remoção e adição atuam tanto em superfície quanto em subsuperfície subordinados à gravidade (KUMHÁLOVÁ et al., 2011).

A eficiência da drenagem também é um fator que pode modificar os teores de COS, visto que a mudança de um ambiente aeróbico com drenagem regular para um anaeróbico com drenagem insuficiente tende a diminuir a velocidade de decomposição da matéria orgânica depositada em superfície (UPDEGRAFF et al., 1995).

Conforme os pontos de coleta se aproximam do eixo de drenagem, a quantidade de carbono na superfície do solo (0-10 cm) aumenta, ao ponto de ser possível distinguir significativamente P5 e P6 dos demais pontos à montante (Gráfico 14).

Gráfico 14 – Teor de carbono orgânico por ponto de coleta



Fonte: Elaboração do autor.

Esses dois pontos apresentam características determinantes para o acúmulo de matéria orgânica em superfície. As condições de umidade impostas pela proximidade do lençol freático, somadas aos períodos úmidos do clima da região, interferem nas dinâmicas do carbono²⁵ (GORHAM, 1991; ODORICO et al., 2003).

O relevo da área úmida exerce uma influência marcante nos teores de carbono orgânico na superfície da topossequência (0-10 cm), crescendo no sentido P1 → P6 de acordo com a diminuição da altitude dos pontos. Todavia, essa lógica não é identificada em subsuperfície.

Em 10-20, 20-30 e 30-50 cm, do P3 ao P6, a concentração decresce à medida que se aproxima do canal de drenagem. Concomitantemente, ao analisar a Figura 11 (perfil), observa-se que a partir de P3 o lençol freático, mesmo na estação seca, está a menos de 30 cm de profundidade, aproximadamente, favorecendo a redução e translocação do Fe e a remoção das partículas por dissolução.

Na medida em que a saturação vai sendo reduzida à montante, as camadas subsuperficiais de 10-20 cm e 20-30 cm têm a dinâmica de concentração de carbono em concordância com a topografia, sendo crescente de P1 para P3. Já na última profundidade de análise (30-50 cm), com exceção de P4 para P5, a lógica de concentração de carbono foi inversa ao relevo, crescendo no sentido P6 → P1.

Meirelles et al. (2012), ao analisarem a dinâmica de carbono em uma topossequência de área úmida, ilustram que a partir dos 20 cm, aproximadamente, os teores de carbono decrescem acentuadamente e que alguns pontos localizados na porção mais baixa apresentam, em subsuperfície, valores inferiores aos pontos mais altos.

²⁵ Segundo ODORICO et al. (2003), essa característica também influencia as dinâmicas do nitrogênio do solo.

5.4 AS SUBSTÂNCIAS HÚMICAS

As substâncias húmicas são compostos que comumente apresentam coloração escura, alto peso molecular e diferenças em sua solubilidade (STEVENSON, 1994). Elas são amorfas, aromáticas e hidrofílicas (NOVOTNY et al., 2006).

A fração humina é predominante, frente às demais substâncias húmicas na área de estudo (Tabela 4). Tal fato se baseia na humificação direta dos tecidos lignificados modificados por demetilação (DUCHAUFOR; SOUCHIER, 1977 apud EBELING et al., 2011). Também pode contribuir para esse predomínio a presença de humina herdada que Tan (2003) demonstrou ser comum em ambientes onde a atividade microbiana sintetizadora seja insuficiente para mineralizar a matéria orgânica.

Tabela 4 – Teor de carbono na fração humina

Ponto de coleta	Profundidades			
	0-10	10-20	20-30	30-50
1	6,551 Cb	4,0132 Cc	3,6625 Cc	6,7243 Db
2	6,8345 BCb*	5,6664 Abc*	5,5568 Bc	5,239 Ac
3	7,9782 Ba	8,5082 Da	6,7978 Ab	4,8334 ABc*
4	7,0886 BCd*	4,7974 Bca*	3,1235 Cb	1,8656 Cc
5	14,0592 Ad	8,351 Da	6,7925 Ab	4,4547 ABc*
6	15,0128 Aa	6,3418 Ab	5,4182 Bb	3,8261 Bc
CV = 9,29	DMS do ponto de coleta = 1,2301		DMS da profundidade = 1,1050	

Resultado significativo com interação dupla entre as variáveis ponto de coleta e profundidade.

As médias seguidas de letras maiúsculas na coluna e minúsculas na linha diferenciam entre si pelo teste Tukey ($P < 0,05$). * Resultado significativo com interação tripla entre as variáveis ponto de coleta e profundidade.

Fonte: Elaboração do autor.

A dinâmica da Humina, por ser a fração com maior teor de carbono, é muito semelhante à dinâmica do Carbono Orgânico Total, decrescendo em profundidade e aumentando conforme a redução das condições de oxidação.

Se a humina tem a sua dinâmica correspondente à do Carbono Orgânico Total, a mesma dedução não é possível para o ácido húmico ou fúlvico, isso porque suas solubilidades são dependentes do pH.

O ácido húmico, por ser insolúvel em meio ácido, se torna estável nas condições de hidromorfia dos solos tropicais (EBELING et al., 2011), principalmente nas savanas pela acidez natural, mesmo nas áreas bem drenadas (RIPPSTEIN, 2001). Essa relativa estabilidade no meio ácido confere teores de carbono entre 2,7 e 0,4% (Tabela 4).

A sua dinâmica difere-se tanto do Carbono Orgânico Total quanto da fração humina (Figura 12), apresentando três contextos: (1) entre P1 e P3, houve uma concentração no horizonte de 10-20 cm, com média de 0,9% a mais que o horizonte superficial 0-10 cm; (2) entre P4 e P5, a concentração foi semelhante ao COT e à humina, decrescendo conforme a profundidade das camadas; (3) uma redução significativa em P6, ponto com maior condição de saturação, concentrando mais em 20-30 cm e 0-10 cm.

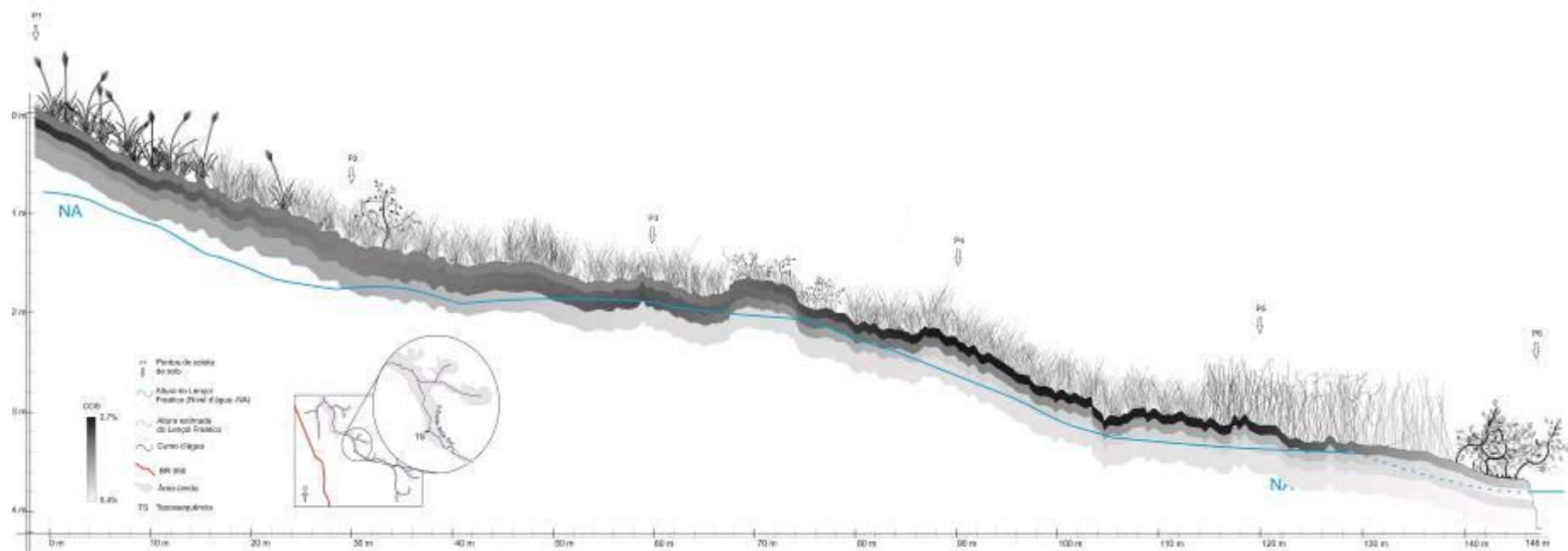


Tabela 5 – Teor de carbono na fração ácido húmico

Ponto de coleta	Ácido húmico			
	_____%____			
	Profundidade (cm)			
	0-10	10-20	20-30	30-50
1	1,9982 ABbc**	2,5411 Ab	1,7132 BCc*	1,4217 Bc
2	1,9432 Bc	1,9489 Abc*	1,9315 Bc	1,4865 Bc
3	1,9044 Bb	2,2734 Ab	2,3473 Bb	0,9482 BCc*
4	2,7176 Aa	1,9927 Abb*	1,0442 Cc	0,9036 BCc*
5	2,6115 Abb*	1,4104 Bc	1,0068 Cc	0,8762 BCc*
6	1,0103 Cbc*	0,6456 Cbc*	1,1493 Cb	0,4284 Cc
CV = 22,77	DMS do ponto de coleta = 0,7517		DMS da profundidade = 0,6752	

Resultado significativo com interação dupla entre as variáveis ponto de coleta e profundidade.

As médias seguidas de letras maiúsculas na coluna e minúsculas na linha diferenciam entre si pelo teste Tukey ($P < 0,05$) * Resultado significativo com interação tripla entre as variáveis ponto de coleta e profundidade.** Resultado significativo com interação quádrupla entre as variáveis ponto de coleta e profundidade.

Fonte: Elaboração do autor.

O coeficiente de variação das amostras foi aproximadamente 2,5 vezes maior no ácido húmico que nas análises de humina, mostrando que a diferenciação entre as camadas e os pontos de coleta se comporta de maneira distinta na estatística.

Para as determinações do ácido húmico, a topossequência apresentou um grau de interações significativas na camada de 20-30 cm entre os pontos P1-P3 e P4-P6, colaborando para o diagnóstico de dois fluxos subsuperficiais já ilustrado na humina e no Carbono Orgânico Total. Semelhante comportamento foi identificado nos teores de carbono na fração ácido fúlvico nas camadas 20-30 cm e 30-50 cm (Tabela 6).

Tabela 6 – Teor de carbono na fração ácido fúlvico

Ponto de coleta	Ácido fúlvico			
	_____%____			
	Profundidade (cm)			
	0-10	10-20	20-30	30-50
1	1,5085 ABb*	0,3375 Cc	0,4264 Cc	2,1843 Aa
2	1,0863 BCb*	0,449 Cc	1,2435 Bb	1,096 Bb
3	2,4485 Da	1,7693 Bb	1,4841 Bb	0,6795 BCc*
4	1,8492 Ab	1,5555 Bb	0,4562 Cc	0,5032 Cc
5	0,9171 C	0,4867 Cbc*	0,3137 Cc	0,3339 Cc
6	1,2504 BCb*	0,5617 Cc	0,4973 Cc	0,1369 Cc
CV = 28,91	DMS do ponto de coleta = 0,05880		DMS da profundidade = 0,5282	

Resultado significativo com interação dupla entre as variáveis ponto de coleta e profundidade.

As médias seguidas de letras maiúsculas na coluna e minúsculas na linha diferenciam entre si pelo teste Tukey ($P < 0,05$).

* Resultado significativo com interação tripla entre as variáveis ponto de coleta e profundidade.

Fonte: Elaboração do autor.

Os menores valores de carbono encontrados nessa fração foram em P5, com teores menores que 1% em todas as camadas analisadas. Nesse mesmo ponto, a humina representou 83% do Carbono Orgânico Total, o ácido húmico, 12,4% e o ácido fúlvico, apenas 3,8%, índice abaixo da média geral para essa fração. A dinâmica se manteve igual à do COS, decrescendo conforme o lençol se afasta da superfície (Figura 13).

Konova (1982 apud EBELING, 2011) observou que a relação entre a fração do ácido húmico e a do ácido fúlvico expressam as condições e os estágios de humificação do solo. Nos solos tropicais com boas condições de drenagem, o valor da razão C-FAH/C-FAF fica abaixo de 1, em virtude da rápida mineralização a que os compostos estão submetidos (EBELING et al., 2011).

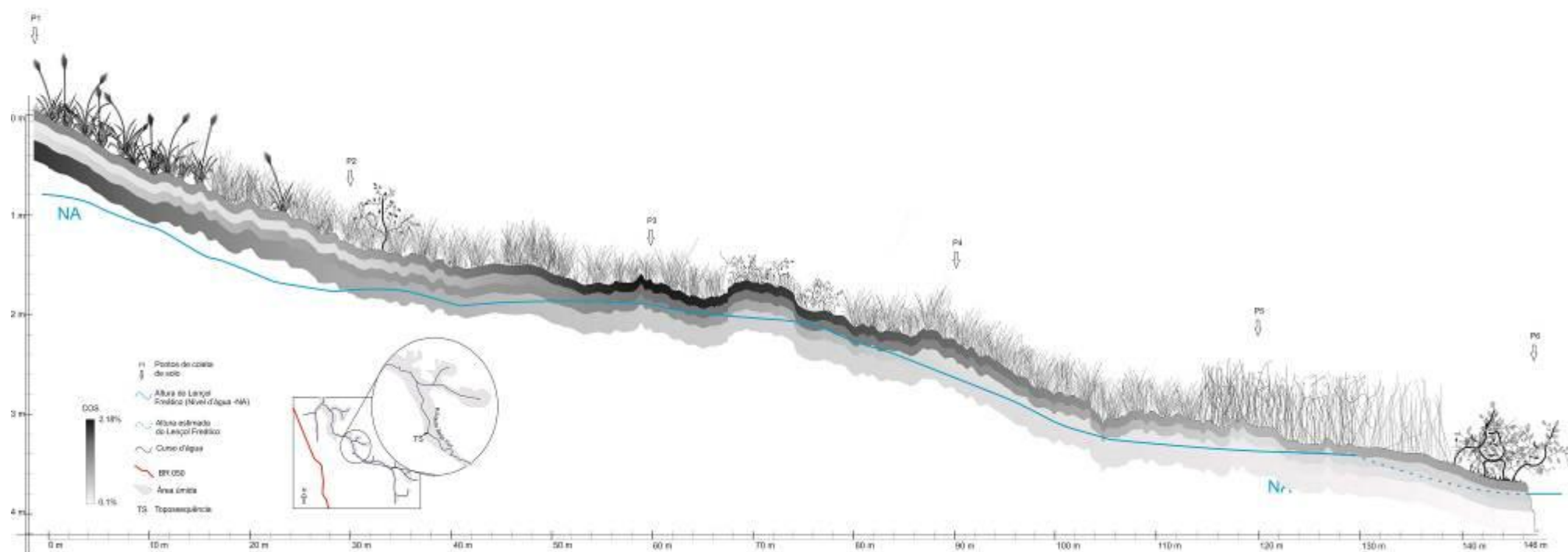


Figura 13 - Teor de Carbono na fração de Ácido Fúlvico

Figura 12 – Teor de carbono na fração ácido fúlvico

Fonte: Elaboração do autor.

Na topossequência, tal relação variou de 0,65 a 7,53, com uma média de 2,22 (Tabela 7). Segundo Valladares et al. (2007), essa relação tem seus valores acrescidos conforme o grau de hidromorfismo na área de estudo.

Ebeling al. (2013) em ambientes de solos orgânicos, encontrou valores semelhantes na relação C-FAH/CFAF, variando de 1,8 a 14,4, com média de 2,22, algo semelhante aos índices encontrados neste trabalho. Fontana et al. (2008) também encontraram valores acima de 1 para solos hidromórficos, concordando com Valladares et al. (2007), quando diz que o grau de hidromorfismo tem influência direta na razão entre os ácidos orgânicos.

Tabela 7 – Síntese do carbono orgânico das substâncias húmicas

Pontos	Camada	C-HUM	FAH	FAF	C-FAH/CFAF
		-----%-----			
P1	0-10	6,55	2,00	1,51	1,32
	10-20	4,01	2,54	0,34	7,53
	20-30	3,66	1,71	0,43	4,02
	30-50	6,72	1,42	2,18	0,65
P2	0-10	6,83	1,94	1,09	1,79
	10-20	5,67	1,95	0,45	4,34
	20-30	5,56	1,93	1,24	1,55
	30-50	5,24	1,49	1,10	1,36
P3	0-10	7,98	1,90	2,45	0,78
	10-20	8,51	2,27	1,77	1,28
	20-30	6,80	2,35	1,48	1,58
	30-50	4,83	0,95	0,68	1,40
P4	0-10	7,09	2,72	1,85	1,47
	10-20	4,80	1,99	1,56	1,28
	20-30	3,12	1,04	0,46	2,29
	30-50	1,87	0,90	0,50	1,80
P5	0-10	14,06	2,61	0,92	2,85
	10-20	8,35	1,41	0,49	2,90
	20-30	6,79	1,01	0,31	3,21
	30-50	4,45	0,88	0,33	2,62
P6	0-10	15,01	1,01	1,25	0,81
	10-20	6,34	0,65	0,56	1,15
	20-30	5,42	1,15	0,50	2,31
	30-50	3,83	0,43	0,14	3,13

C-FAH: carbono da fração ácido húmico; C-FAF: carbono da fração ácido fúlvico; C-HUM: carbono da fração humina; C-FAH/CFAF: razão entre o carbono da fração ácido húmico e o da fração ácido fúlvico.

Fonte: Elaboração do autor.

6 CONCLUSÕES

Os resultados deste trabalho demonstram que as áreas úmidas da chapada Uberlândia-Uberaba possuem grande quantidade de carbono orgânico, sendo que, em superfície, concentram os valores mais elevados, superiores a 9%. Conforme as condições de oxidação aumentam, devido ao aprofundamento do lençol freático, os teores de carbono decrescem, mostrando a correlação entre a altura do lençol e a proteção do carbono.

Este carbono está predominantemente na fração humina, por ser mais estável e resistente às condições tropicais. Todavia, o grau de humificação da matéria orgânica deste solo se mostrou acima do padrão comum aos solos da região, mostrando que o ácido Húmico prevalece sobre o ácido Fúlvico, oferecendo mais proteção e permanência da matéria orgânica em superfície.

Desse modo, com os resultados obtidos por esta pesquisa, aliados à importância da preservação dos ambientes úmidos, como já destacado no primeiro capítulo, conclui-se que os solos hidromórficos da chapada Uberlândia-Uberaba são de grande relevância para conservação. Diante disso, o Estado deve estabelecer normas e regulamentos que restrinjam a utilização dessas áreas.

A falta de um sistema nacional de classificação das áreas úmidas no Brasil também se torna um grande empecilho para a manutenção adequada dessas paisagens, permitindo que cada região adote critérios próprios ao planejar o uso do solo de seu território.

Como visto neste trabalho, o teor carbono orgânico das áreas úmidas é muito superior ao encontrado em solos bem drenados, tornando-se uma fonte substancial de gases agravantes do efeito estufa, como CH_4 e CO_2 , caso a condição de umidade seja alterada. Mesmo em profundidade, os teores médios de COS foram superiores a 4%, mostrando o grande potencial que tais paisagens possuem no que concerne ao sequestro de carbono da atmosfera.

Além da delimitação legal das áreas úmidas e de sua respectiva faixa de proteção, outras medidas necessitam ser tomadas, a fim de se manter as funcionalidades dos solos hidromórficos da chapada. Como demonstrado por

Soares (2012) e confirmado neste trabalho, os níveis do lençol freático nas áreas úmidas se mantêm próximos da superfície durante todo o ano, assegurando a lenta mineralização do carbono. Quando essa condição é alterada, seja por drenos ou pelo consumo das culturas agrícolas do entorno, as camadas mais superficiais tendem a se transformar, passando de um reservatório de carbono para uma fonte emissora.

Com isso, o planejamento sobre o uso do solo também se torna importante para a proteção dessas áreas. Ele assegura tanto a produção rural com os diversos tipos e intensidades de usos antrópicos, quanto as áreas protegidas com a finalidade de recarga do aquífero, equilibrando a oferta e a demanda de água nas regiões da chapada.

Existem algumas medidas em escala municipal que visam à proteção das áreas úmidas de nascentes, como a do Departamento Municipal de Água e Esgoto (DMAE) de Uberlândia, que, com o Programa Buriti, pretende cercar toda faixa úmida para que o rebanho avancem sobre essas áreas.

Todavia, a chapada é dividida entre dois municípios, necessitando de mais articulações políticas e administrativas para proteger e fiscalizar o uso do solo nas áreas de interesse. Portanto, faz-se necessária a participação do governo estadual, por exemplo, acionado recentemente para a criação de uma Área de Proteção Ambiental (APA) nas áreas de nascentes dos Rios Uberabinha, Bom Jardim e Claro.

Por fim, a metodologia adotada por esta pesquisa se mostrou satisfatória, gerando uma grande quantidade de dados sobre as áreas úmidas e permitindo uma análise mais detalhada de processos e dinâmicas na acumulação de carbono nessas paisagens. Contudo, os resultados obtidos não esgotam a problemática do carbono na região. Novos estudos com enfoques diferentes devem ser realizados para se ter um diagnóstico completo do estoque, da emissão e do sequestro de carbono na chapada Uberlândia-Uberaba.

7 REFERENCIAS

AB' SABER, A.N. Contribuição à Geomorfologia da Área dos Cerrados. In: FERRI, M.G. (ed.) Simpósio sobre o Cerrado. Editora Edgard Blücher LTDA/EDUSP, São Paulo, 1971. p. 97-103.

AB'SÁBER, A.N.. Os Domínios de Natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003

ADHIKARI, S.; BAJRACHARAYA, R.M.; SITAULA, B.K.. A Review of Carbon Dynamics and Sequestration in Wetlands, *Journal of Wetlands Ecology*, v.2, 2009 pp. 42-46

ALVARENGA, M.I.N.; SIQUEIRA, J.O.; DAVIDE, A.C.. Teor de carbono, biomassa microbiana, agregação e micorriza em solos de cerrado com diferentes usos. *Ciência Agrotécnica*, Lavras, v.23, n.3, 1999 pp. 617-625

ARMENTANO, T.V.. Drainage of organic soils as a factor in the world carbon cycle. *Bioscience*, v.30, n.12, 1980 pp.825-830

ASELMANN, I.; CRUTZEN, V.. Global distribution of natural Freshwater Wetlands and Rices Paddies, their net primary productivity, seasonality and possible methane emissions. *Journal of Atmospheric Chemistry*, v.8, 1989. pp.307-358

BACCARO, C. A. D. Estudo dos processos geomorfológicos de escoamento pluvial em área de Cerrado – Uberlândia – MG. EDUSP, São Paulo, 1990. (Tese de Doutorado)

BERNARDO, V.M.. Do incentivo à criminalização: possibilidades para recuperação da mata ciliar na rizicultura em Jacinto Machado - SC. 2009. 115f. Dissertação (Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais) Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2009.

BERNOUX, M.; CARVALHO, M.C.S.; VOLKOFF, B.; CERRI, C.C.. Brazil's soil carbon stocks. *Soil Science American Journal*, v.66, 2002 pp.888-896

BISPO, F.H.A.; SILVA, A.C.; TORRADO, P.V.. HIGHLANDS OF THE UPPER JEQUITINHONHA VALLEY, BRAZIL I – Characterization and classification. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.35, 2011 pp.1069-1080.

BOCHNER, J.K.; et.al.. Matéria Orgânica e Agregação de um Planossolo sob diferentes coberturas vegetais. *Cerne*, Lavras, v.14, n.1, pp.46-53, 2008.

Disponível em :

http://www.if.ufrj.br/biolig/art_citados/Mat%C3%A9ria%20org%C3%A2nica%20e%20agrega%C3%A7%C3%A3o%20de%20um%20planossolo%20sob%20diferentes%20coberturas%20florestais.pdf (Acesso em 21/08/2013)

BRADY, N.C.; WEIL, R.R.. Elementos da natureza e propriedades do solo. Tradução de LEPSCH, I.F., 3ed, Porto Alegre: Bookman, 2013

BRANDÃO, S.L.; LIMA, S.C.. ph e Condutividade Elétrica em solução do solo, em áreas de pinus e cerrado na chapada, em Uberlândia (MG). Caminhos da Geografia, Uberlândia, v.3,n.6, 2002 pp.46-56

BRASIL. Decreto nº23.793, de 23 de janeiro de 1934. Aprova o Código Florestal.

Disponível em : http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1930-1949/d23793.htm (acesso em 09/05/2013)

BRASIL. Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965. Institui o Novo Código Florestal. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L4771.htm (acesso em 10/05/2013)

BRASIL. Decreto nº73.030, de 30 de outubro de 1973. Cria, no âmbito do Ministério do Interior, a Secretaria Especial do Meio Ambiente - SEMA, e da outras providências. disponível em: <http://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1970-1979/decreto-73030-30-outubro-1973-421650-norma-pe.html> (Acesso em 12/05/2013)

BRASIL. Lei nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979. Dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano e dá outras Providências.. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6766.htm (Acesso em 15/05/2013)

BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938.htm (acesso em 13/05/2013)

BRASIL. Lei nº 7.511, de 7 de julho de 1986. Altera dispositivos da Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, que institui o novo Código Florestal. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L7511.htm (Acesso em 20/05/2013)

BRASIL. Lei nº 7.803, de 18 de julho de 1989. Altera a redação da Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L7803.htm (Acesso em 20/05/2013)

BRASIL. Decreto Legislativo nº33, de 1992. Aprova o texto da Convenção sobre Zonas Úmidas de Importância Internacional, especialmente como Habitat de Aves Aquáticas, concluída em Ramsar. Disponível em: <http://legis.senado.gov.br/legislacao/ListaPublicacoes.action?id=136502> Acesso em (13/05/2013)

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/l9433.htm (Acesso em 22/05/2013)

BRASIL. Lei nº12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Disponível em:

http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm
(Acesso em 24/06/2013)

BRIDGHAM, S.D.; MEGONIGAL, J.P.; KELLER, J.K.; BLISS, N.B.; TRETTIN, C..
The Carbon Balance of North American Wetlands. *Wetlands*, v.26, n.4, 2006 pp
889-916

BRINSON, M.. A hydrogeomorphic classification for wetlands. Vicksburg: U.S.
Army Engineer Research and Development, 1993 Disponível em:
[http://www.dtic.mil/cgi-](http://www.dtic.mil/cgi-bin/GetTRDoc?Location=U2&doc=GetTRDoc.pdf&AD=ADA270053)
[bin/GetTRDoc?Location=U2&doc=GetTRDoc.pdf&AD=ADA270053](http://www.dtic.mil/cgi-bin/GetTRDoc?Location=U2&doc=GetTRDoc.pdf&AD=ADA270053) (Acesso em
13/05/2013)

BRINSON, M.M.. Assessing Wetland Functions Using HGM. *National Wetlands
Newsletter*, Washington, v.8, 1996.

BRINSON, M.M.. Conceptos y desafíos de la clasificación de humedales. IN:
MALVÁREZ, A.I.; BÓ, R.F.. DOCUMENTOS DEL CURSO-TALLER “Bases
ecológicas para la clasificación e inventario de humedales en Argentina,
Buenos Aires: Ana Inés Malvárez, 2002. Disponível em:
[http://www2.medioambiente.gov.ar/documentos/recursos_acuaticos/publicacion](http://www2.medioambiente.gov.ar/documentos/recursos_acuaticos/publicaciones/taller_humedales.pdf#page=21)
[es/taller_humedales.pdf#page=21](http://www2.medioambiente.gov.ar/documentos/recursos_acuaticos/publicaciones/taller_humedales.pdf#page=21) (Acesso em 13/05/2013)

BRINSON, M.M.; MALVÁREZ, A.I. Temperate freshwater wetlands: types, status,
and threats. *Environmental Conservation*, n.29, v.2, 2002 p115-133

BRÜSEKE, F.J. O Problema do Desenvolvimento Sustentável. In:
CALVACANTI, C. (Org.) *Desenvolvimento e Natureza: Estudos para uma
sociedade sustentável*. São Paulo: Cortez; Recife: Fundação Joaquim Nabuco,
1995

CALDEIRA, M.V.W.; et.al.. Quantificação de serapilheira e de nutrientes em
uma Floresta Ombrófila Densa. *Semina: Ciências Agrárias, Londrina*, v.29, n.1,
2008 pp.53-68

CHEN, C.R.; XU, Z.H.. Soil carbon and nitrogen pools and microbial properties in
a 6-year-old slash pine plantation of subtropical Australia: impacts of harvest
residue management. *Forest Ecology and Management*, v.206, 2005 pp237-247

COWARDIN, L.M.; CARTER, V.; GOLET, F.C.; LAROE, E.T.. Classification of
wetlands and deepwater habitats of the United States. U.S. Fish and Wildlife
Service, Washington, DC, EUA, 1979

DIEGUES, A.C.. An Inventory of Brazil Wetlands. Gland, Suíça: IUCN, 1994.

DROZDOWICZ, A. Bactérias do solo. IN: VARGAS, M.A.T.; HUNGRIA, M..
Biologia dos Solos dos Cerrados. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1997.

DUGAN, P.J.. Wetland Conservation: A review of current issues and required
action. Gland, Suíça: IUCN, 1990

EBELING,A.G.; ANJOS,L.H.C.dos.; PEREIRA,M.G.; VALLADARES,G.S.; PÉREZ,D.V.. Humic substances and their relationship to the degree of subsidence of histosols in different formation environments in Brazil.Revista Ciência Agronômica, v.44,n.2, 2013 pp.225-233

EBELING,A.G.; ANJOS,L.H.C.dos.; PEREZ,M.G.; GOMES,W.F..Atributos químicos, carbono orgânico e substâncias húmicas em organossolos háplicos de várias regiões do Brasil. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.35, 2011 pp.325-336

ECOSPHERE. Délimitation de l'espace de zone humide par fonction et par type de zone humide, Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse, 2008 182 p.

Disponível em: http://www.pole-lagunes.org/ftp/LettreLagunes/2009/LL_juin2009/Delimitation_ZH_Ecosphere.pdf (Acesso em 23/05/2013)

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de métodos de análise de solo. 2.ed. Rio de Janeiro,1997.

EYRE,S.R.. Vegetation and Soils: A World Picture.Londres: Edward Arnold, 2ed, 1987.

FELTRAN FILHO,A. A estruturação das paisagens nas chapadas do Oeste Mineiro. São Paulo: USP/FFLCH, 1997 (Tese de Doutorado)

FERNANDES,I.M.; SIGNOR,C.A.; PENHA, J.(orgs). Biodiversidade no Pantanal de Poconé. Cuiabá: Centro de Pesquisa do Pantanal, 2010

FERREIRA, D.F.. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. Revista Symposium, v. 6, 2008p. 36-41

FERREIRA,V.C.P. ONG's no Brasil: Um estudo sobre suas características e fatores que têm induzido seu crescimento.2005.255 f.Tese (Doutorado em Direito).Escola de Administração Pública e de Empresas, Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro,2005. Disponível em : <http://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/handle/10438/3266> (Acesso em 11/05/2013)

FERRI,M.G.; MENEZES,N.L.de.; MONTEIRO, W.R.. Glossário Ilustrado de Botânica.São Paulo: NOBEL, 2003.

FONSECA, G. F.. Comportamento da dispersibilidade de solos argilosos das chapadas da região de Uberlândia – MG. Uberlândia:UFU/IG, 2002 (Monografia de Bacharelado)

FONTANA, A.; PEREIRA, M.G.; ANJOS, L.H.C.; BENITES,M.B. Distribution of organic carbon in the humic fractions of diagnostic horizons from brazilian soils. Comm. Soil Science and Plant Analysis, v.39, 2008 pp.951-971

FUSTEC,E.; FROCHOT,B.. Les fonctions des zones humides – Synthèse bibliographique. Normandia: Agence de l'Eau Seine Normandie, 1995.

Disponível em: <http://sierm.eaurmc.fr/zones-humides/documents/biblio-fonctions-zh-ecosphere.pdf> (Acesso em 23/05/2013)

GIBBS, J.P.. Wetland loss and biodiversity conservation. *Conservation Biology*, v.14, 2000 p314-317.

GONÇALVES, C.N.; CERETTA, C.A.. Plantas de cobertura de solo antecedendo o milho e seu efeito sobre o carbono orgânico do solo, sob plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.23, 1999 pp.307-313.
Disponível em:
<http://sbcs.solos.ufv.br/solos/revistas/v23n2a15.pdf> (Acesso em 21/08/2013)

GORHAN, E.. Northern peatlands: Role in the carbon cycle and probable responses to climatic warming. *Ecological Applications*, v.1, n.2, 1991 pp182-195

GREGORY, P.J.. Roots, rhizosphere and soil: the route to a better understanding of soil science?. *European Journal of Soil Science*, v.57, 2006 pp.2-12

HENDRICKS, J.J.; NADELHOFFER, K.J.; ABER, J.D.. Assessing the Role of Fine Roots in Carbon and Nutrient Cycle. *Trends in Ecology and Evolution*, v.8, n.5, 1993 Disponível em: http://ac.els-cdn.com/016953479390143D/1-s2.0-016953479390143D-main.pdf?_tid=c683a638-2f4f-11e3-b4e6-00000aacb362&acdnat=1381150723_f7c929291385309f196ad3a3866e1bc8 (Acesso em 21/08/2013)

IBAMA; SEMA; IAP.. Resolução Conjunta nº005/2008 Disponível em: http://www.ambienteduran.eng.br/system/files/publicador/LEGISLACAO/ESTADUAL/RESOLUCAO_CONJUNTA_IBAMA_SEMA_IAP_005_2008.pdf (Acesso em 18/06/2013)

INSAM, H. Are the soil microbial biomass and basal respiration governed by the climatic regime?. *Soil Biological and Biochemistry*, v.22, n.4, 1990 pp525-532

JOBÁGY, E.G.; JACKSON, R.B.. The vertical distribution of soil organic carbon and its relation to climate and vegetation. *Ecological Applications*, v.10, n.2, 2000

JÚNIOR, M.L. da S.; DESJARDINS, T.; SARRAZIN, M.; MELO, V.S. de.; MARTINS, P.F.S.; SANTOS, E.R.; CARVALHO, C.J.R. de.. Carbon content in amazonian oxisols after forest conversion to pasture. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, vol.33, n.6, 2009. pp. 1603-1611

KEDDY, P.A.. *Wetland ecology: principles and conservation*. Cambridge: Cambridge Press, 2.ed., 2010.

KING, L.C.. Geomorfologia do Brasil Oriental. *Revista Brasileira de Geografia*, v.18, n.2, 1956 pp.147-265.

KUMHÁLOVÁ,J.; HUMHÁLA,F.; KROULIK,M.; MATĚJKOVÁ,S.. The impact of topography on soil properties and yield and the effects of weather conditions. Precision Agriculture, v.12,n.6, 2011 pp813-830

LAGO, André Aranha C. Estocolmo, Rio, Joanesburgo: O Brasil e as Três Conferências Ambientais das Nações Unidas. Brasília: FUNAG, 2007.

LIANG,B.C.; WANG,X.L.; MA, B.L.. MAIZE ROOT-INDUCED CHANGE IN SOIL ORGANIC CARBON POOLS. Soil Science Society American Journal, v.66, 2002 pp.845-847

LOPES, R.B.; MIOLA, D.T.B.. Sequestro de Carbono em Diferentes Fitofisionomias do Cerrado. Synthesis, Pará de Minas,2010 Disponível em: http://www.fapam.edu.br/revista_old/artigos2010/L%20Rosimeire%20127-143.PDF (Acesso em 15/07/2013)

LORENZ,K.; LAL, R.. The depth distribution of soil organic carbon in relation to land use and management and the potential of carbon sequestration in subsoil horizons. Advances in Agronomy, v.88, 2005 pp35-66

MACHADO,H.A..ANÁLISE DO TEOR DE CARBONO ORGÂNICO EM UMA VEREDA DO Córrego Beija-Flor, Uberlândia-MG. Uberlândia:IG/UFU,2011 (monografia)

MCBRIDE, M.B. Environmental Chemistry of Soils. Oxford University Press, Nova Iorque, 1994.

MEIRELLES,M.L.; FRANCO,A.C.; FERREIRA,E.A.B.. Dinâmica do Carbono em área úmida do Cerrado. IN: LIMA,M.A. et.al.. Estoques de Carbono e emissões de gases de efeito estufa na agropecuária brasileira. Brasília,DF: Embrapa, 2012

MMA- Ministério do Meio Ambiente. A convenção sobre Diversidade Biológica-CDB. Brasília:MMA,2000

MOORE,T.R.; KNOWLES,R.. The Influence of water table levels on methane and carbon dioxide emissions from peatland soils. Canadian Journal of Soil Science, v.69, 1989 pp 33-38

NASCIMENTO,P.C.; BYER,C.; NETTO,L.F.S.; VIAN,A.C.; VIEIRO, F.; MACEDO, V.R.M.; MARCOLIN,E.. Sistema de manejo e a matéria orgânica de solo de várzea com cultivo de arroz. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.33, 2009 pp1821-1827

NETO,F.A., et.al.. Compartimentos de Carbono em Latossolo Vermelho Sob Cultivo de Eucalipto e Fitofisionomias de Cerrado. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.35, 2011 pp.849-856 Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v35n3/v35n3a19.pdf> (Acesso em 15/07/2013)

NEUE,H.U.; GAUNT,J.L.; WANG,Z.P.; BECKER-HEIDMANN,P.; QUIJANO,C..
Carbon in tropical Wetlands. *Geoderma*, v.79, 1997 pp.163-185

NISHIYAMA,L. Geologia do Município de Uberlândia e Áreas adjacentes.
Sociedade e Natureza, Uberlândia, v.1, n.1, 1989 pp.9-16

NOORDWIJK,M.; CERRI,C.; WOOMER,P.L.; NUGROHO,K.; BERNOUX,M..
Soil carbon dynamics in the humid tropical Forest zone.*Geoderma*, v.79, 1997
pp. 187-225

NOVOTNY, E. H.; KNI KER,H.; COLNAGO,L.A.; MARTIN-NETO,L.. Effect of
residual vanadyl on the spectroscopic analysis of humic acids. *Organic
Geochemistry*, v. 37, n. 11, 2006.

PEREIRA,J.C.; NEVES,M.C.P.; DROZDOWICZ,A.. Dinâmica das populações
bacterianas em solos do Cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.34,n5,
1999.

PIEIDADE,M.T.F.; et.al.. As áreas úmidas no âmbito do Código Florestal
brasileiro. In: SOUZA,G. ; WATHELY,M. (orgs.). Código Florestal e a Ciência:
o que nossos legisladores ainda precisam saber. Comitê Brasil em defesa das
florestas e do desenvolvimento sustentável, Brasília, 2012. Disponível em:
[http://www.socioambiental.org/banco_imagens/pdfs/Revista_codigo_florestal_e
_a_ciencia_fev_2012_Comite_Florestas.pdf#page=9](http://www.socioambiental.org/banco_imagens/pdfs/Revista_codigo_florestal_e_a_ciencia_fev_2012_Comite_Florestas.pdf#page=9) (Acesso em 25/06/2013)

QUEIROZ,A.T.de.. Análise e avaliação da demanda e da disponibilidade
hídrica nos alto e médio curso do rio Uberabinha e o avastecimento público em
Uberlândia (MG). Uberlândia:UFU/IG,2012 (dissertação de Mestrado)

RAMOS,M.V.V.; CURI,N.; MOTTA,P.E.F.da.; VITORINO, A.C.T.; FERREIRA,
M.M.; SILVA, M.L.N. VEREDAS DO TRIÂNGULO MINEIRO: Solos, água e
uso. *Ciência Agrotécnica*, Lavras, v.3,n.2, 2006 pp283-293

RAMSAR. Convenção sobre Zonas Úmidas de Importância Internacional,
especialmente como Habitat para Aves Aquáticas. Ramsar, Irã, 1971.
Disponível em:
[http://www.ramsar.org/cda/en/ramsar-documents-texts-convention-
on/main/ramsar/1-31-38%5E20671_4000_0__](http://www.ramsar.org/cda/en/ramsar-documents-texts-convention-on/main/ramsar/1-31-38%5E20671_4000_0__) (acesso em 11/05/2013)

RAMSAR. The Ramsar Convention Manual: A guide to the convention on
Wetlands.6th ed. RAMSAR Convention Secretariat, 2013. Disponível em :
<http://www.ramsar.org/pdf/lib/manual6-2013-e.pdf> (acesso em 11/05/2013)

RIPPSTEIN,G.; GÉRMAN,E.; MOTTA, F.. Agroecología y biodiversidad de las
sabanasem los Llanos Orientales de Colômbia. Cali: Centro Internacional de
Agricultura Tropical,2001.

ROBLES,C.A.B.;LUNA,A.R.. Análisis comparativo de los sistemas
classificatorios de humedales. Instituto Nacional de Ecología – Centro de
Investigación en Alimentación y Desarrollo, México, 2004. Disponível em:

http://www.inecc.gob.mx/descargas/ord_ecol/inf_clasif_humedales.pdf (Acesso em 9/05/2013)

ROSS, J.J.S.. O Relevo Brasileiro nas Macroestruturas Antigas. Revista Continentes, ano 2, n.2, 2013.

RUMPEL, C.; KÖGEL-KNABNER, I.. Deep soil organic matter – a key but poorly understood component of terrestrial C cycle. Plant and Soil, v.338, n.2, 2011 pp143-158

SCHLENSINGER, W.H.. Biogeochemistry: An analysis of global change. San Deigo, California: Academic Press , 2ed., 1997

SCHNEIDER, M.O.. Bacia do Rio Uberabinha: uso agrícola do solo e meio ambiente. São Paulo: USP/FFLCH, 1996 (Tese de Doutorado)

SILVA, A.R. PRÓVARZEAS/PROFIR..IN: Reunião Sobre Ferro em solos inundados, 1, 1987, Goiânia. Anais. Goiânia: EMBRAPA: CNPAF, 1987.

SCOTT, D.A.; JONES, T.A.. Classification and inventory of wetlands: a global overview. Vegetatio, v.118, 1995. p:3-16. Disponível em : <http://link.springer.com/article/10.1007/BF00045186> (Acesso 13/05/2013)

SMITH, P.; FALLON, P.; KUTSCH, W.L.. The role of soils in the Kyoto Protocol. In: KUTSCH, W.L.; BAHN, M.; HEINEMEYER, A.. Soil Carbon Dynamics: An Integrated Methodology. New York: Cambridge University Press, 2009.

SOARES, A.M.. A dinâmica hidrológica na bacia do alto curso do rio Uberabinha – Minas Gerais. Uberlândia: UFU/IG, 2012 (Tese de Doutorado)

STEVENSON, F. J. Humus chemistry: genesis, composition, reactions. EUA: John Wiley & Sons, 2. ed, 1994.

SWIFT, R.S.. Organic matter characterization. In: SPARKS, D.L.; PAGE, A.L.; HELMKE, P.A.; LOEPPERT, R.H.; SOLTANPOUR, P.N.; TABATABAI, M.A.; JOHNSTON, C.T.; SUMNER, M.E. (eds.) Methods of soil analysis: chemical methods. Madison: Soil Science Society of America; American Society of Agronomy, v.3, 1996. p. 1011-1020.

TAN, K.H.. Humic Matter in Soil and the Environment Principles and Controversies. Nova Iorque: Marcel Dekker, 2003 Disponível em: http://books.google.com.br/books?hl=pt-R&lr=&id=olh9_U0Fo_cC&oi=fnd&pg=PR3&dq=Humic+Matter+in+Soil+and+the+Environment+Principles+and+Controversies&ots=FLD4GFNXQK&sig=Vj9-O8A3Yj3wapcY0JJDT_hyHHA#v=onepage&q=Humic%20Matter%20in%20Soil%20and%20the%20Environment%20Principles%20and%20Controversies&f=false (Acesso em 10/12/2013)

TIMOSHENKO, A.S. Protection of Wetlands by International Law. Pace Environmental Law Review. v.5, ed.2, 1988. Disponível em: <http://digitalcommons.pace.edu/pelr/vol5/iss2/7/> (Acesso em 12/05/2013)

TOLMASQUIN, M.T.; GUERREIRO, A.; GORINI, R.. Matriz energética brasileira: uma prospectiva. *Novos Estudos – CEBRAP*, São Paulo, n.79, nov. 2007
Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-33022007000300003&lng=en&nrm=is (Acesso em 14/12/2012)

UFMT. UFMT e MCTI discutem implantação do INPP, 2013. Disponível em <http://www.ufmt.br/ufmt/site/noticia/visualizar/10455/Sinop> (Acesso em 14/06/2013)

UPDEGRAFF, K.; PASTOR, J.; BRIGHAM, S.D.; JOHNSTON, C.A.; Environmental and substrate controls over carbon and nitrogen mineralization in Northern Wetlands. *Ecological Applications*, v.5, n.1, 1995 pp151-163

VALADÃO, R.C.. Geodinâmica de Superfícies de Aplanamento, Desnudação Continental e Tectônica Ativa como Condicionantes da Megageomorfologia do Brasil Oriental. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v.10, n.2, 2009 pp.77 - 90

VALLADARES, G.S.; PEREIRA, M.G.; ANJOS, L.H.C.; BENITES, V.M.; EBELING, A.G.; MOUTA, R.O. Humic substance fractions and attributes of Histosols and related high-organic-matter soils from Brazil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, v.38, 2007 pp. 763-777

VIOLA, E. A globalização da política ambiental no Brasil, 1990-1998. In: AGUIAR, D.; PINHO, J.B. (orgs). *O agronegócio do MERCOSUL e a sua inserção na economia mundial*. Brasília: Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural, 1999. Disponível em : <http://lasa.international.pitt.edu/LASA98/Viola.pdf> (Acesso em 13/05/2013)

YEOMANS, J.C.; BREMNER, J.M.. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. *Communications Soil Science Plant Analysis*, v.19, 1988 pp.1467-1476

WADDINGTON, J.M.; PRICE, J.S.. Effect of peatland drainage, haversting, and restoration on atmospheric water and carbon exchange.. *Physical Geography*, v.21, n.5, 2013

WHALEN, S.C.. Biogeochemistry of Methane Exchange between Natural Wetlands and the Atmosphere. *Environmental Engineering Science*, v.22, n.1, 2005 pp73-94

WHITING, G.J.; CHANTON, J.P.. Greenhouse carbon balance of wetlands: methane emission versus carbon sequestration, *Tellus (series B)*, v.53, n.3, 2001 pp521-528