

UFRRJ
INSTITUTO DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
AGRONOMIA CIÊNCIA DO SOLO

DISSERTAÇÃO

Caracterização e Classificação de Solos com
Horizonte Antrópico no Sul do Estado de Rondônia

Rafael de Souza Cavassani

2018



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
CIÊNCIA DO SOLO

CARACTERIZAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DE SOLOS COM
HORIZONTE ANTRÓPICO NO SUL DO ESTADO DE RONDÔNIA

RAFAEL DE SOUZA CAVASSANI

Sob a Orientação da Professora
Lúcia Helena Cunha dos Anjos

e Co-orientação do Professor
Andrés Calderin Garcia

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre**, no Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Ciência do Solo.

Seropédica, RJ
Março de 2018

C376c

Cavassani, Rafael de Souza, 1991-
Caracterização e Classificação de Solos com Horizonte
Antrópico no Sul do Estado de Rondônia /
Rafael de Souza Cavassani. - 2018.
98 f.: il.

Orientadora: Lúcia Helena Cunha dos Anjos.
Coorientador: Andrés Calderin Garcia.
Dissertação (Mestrado). -- Universidade Federal Rural do
Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação em Agronomia e
Ciência do Solo, 2018.

1. Terra Preta de Índio. 2. Anthrosols. 3. SiBCS.
4. WRB. I. Anjos, Lúcia Helena Cunha dos, 1957-, orient. II.
Garcia, Andrés Calderin, -, coorient.
III Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.
Programa de Pós-Graduação em Agronomia e Ciência do
Solo. IV. Título.

É permitida a cópia parcial ou total desta Dissertação, desde que seja citada a fonte

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA - CIÊNCIA DO SOLO

RAFAEL DE SOUZA CAVASSANI

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre**, no Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de Concentração em Ciência do Solo.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 20/03/2018

Lúcia Helena Cunha dos Anjos. Ph.D. UFRRJ
(Orientadora)

Wenceslau G. Texeira. Ph.D. Embrapa Solos

Ademir Fontana. Dr. Embrapa Solos

AGRADECIMENTOS

A Deus por me dar força e ânimo para prosseguir e superar os momentos de dificuldade e transpor obstáculos diários. Ao meu anjo da guarda e seres de luz que me acompanham e me orientam.

Aos meus pais Luiz Carlos Cavassani e Ivonete de Souza Cavassani que são meus exemplos de vida, de dignidade, de esperança, minha base. Muita coisa teria sido impossível sem vocês. A minha irmã Renata pela ajuda em parte da coleta das amostras, cumplicidade e apoio em minhas decisões.

À minha família por todo o apoio, carinho e por entenderem os momentos de ausência.

A minha professora orientadora Lúcia Helena Cunha dos Anjos, pela contribuição no desenvolvimento deste trabalho, pelo exemplo de profissionalismo e dedicação, pela orientação, paciência e pelo incentivo que muito contribuiu para minha formação.

Ao professor Andrés Calderin Garcia pela co-orientação, processamento e interpretação dos espectros.

Ao professor Marcos Gervasio Pereira pelas sugestões quanto a elaboração desta dissertação, orientação e acompanhamento desde minha graduação.

Aos amigos Shirlei Almeida Assunção e Sidnei Julio Beutler pelas orientações quanto aos procedimentos laboratoriais para extração e purificação das substâncias húmicas, análises estatísticas e interpretação de espectros.

Ao amigo Luan Marcolino Manetti pela formatação do sumário.

Aos produtores que permitiram a nossa entrada em suas propriedades e coleta das amostras de terra.

A Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) pelo ensino público, gratuito e de qualidade onde recebi muitas oportunidades e incentivos que tornaram muitos de meus sonhos realidade.

Ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Ciência do Solo pelo apoio prestado.

As agências de fomento, Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento (CNPq) pela concessão da bolsa de mestrado. A CAPES pelo apoio financeiro para a realização das coletas e análises laboratoriais.

A todos do Laboratório de Gênese e Classificação do Solos pela amizade, motivação e boa convivência.

Muito obrigado!

DEDICATÓRIA

*Aos meus pais Luiz Carlos e Ivonete,
à minha irmã Renata.*

Dedico

RESUMO

CAVASSANI, Rafael de Souza. **Caracterização e classificação de solos com horizonte antrópico no sul do estado de Rondônia**. 2018. 89f. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Ciência do Solo). Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2018.

Na Amazônia são observados solos de coloração escura conhecidos como Terra Preta de Índio (TPI) ou na língua inglesa “*Amazonian Dark Earths*” (ADE), identificados pela presença de horizonte A antrópico e cuja gênese é atribuída a ocupação humana por tribos Pré-Colombianas. Esses solos apresentam peculiaridades que os diferenciam de outros solos, como elevados conteúdos de nutrientes e de matéria orgânica, cuja maior estabilidade é atribuída a presença de carbono pirogênico. Apesar de relatos sobre sítios de TPI no estado de Rondônia, poucos estudos de pedologia foram feitos sobre essas terras no estado. Deste modo, os objetivos do estudo foram identificar e caracterizar solos com horizonte antrópico no sul do estado de Rondônia e contribuir para a sua classificação no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) e no sistema internacional World Reference Bases (WRB). Foram identificados cinco sítios antrópicos, sendo descritos e coletados sete perfis (P): seis com horizonte superficial antrópico (P1 a P6) e um não antrópico (P7), em condições similares de paisagem. Os perfis P1 a P4 estavam sob pastagens, P5 sob floresta, P6 e P7 sob área de cultivo (plantio direto de soja e milho em sucessão). Os perfis foram caracterizados quanto as suas propriedades morfológicas, físicas e químicas, bem como os óxidos de ferro e formas de ferro extraíveis. Os conteúdos de carbono (C) foram determinados segundo EMBRAPA, Yeomans e Bremner (1988) (Y&B) e em espectrômetro de massas (CHN). Os teores de N foram determinados pelo método de arraste a vapor (Kjeldahl) e os estoques de C e N calculados até 1,0 m de profundidade. A abundância natural de $\delta^{13}\text{C}$ foi determinada e os fragmentos de carvão datados empregando-se o método de radiocarbono (C^{14}) com acelerador de massa. Os ácidos húmicos (AH) foram extraídos, fracionados e purificados segundo método da IHSS, para análises espectroscópicas na região do ultravioleta visível (UV-Vis), infravermelho com transformada de Fourier (IV) e espectroscopia de ressonância magnética nuclear de ^{13}C (RMN). Os espectros de RMN foram analisados por quimiometria através da análise de componentes principais. Os atributos físicos mostram variações de cor, profundidades e textura entre os horizontes antrópicos e os perfis, sendo as mais escuras no P1, as quais se estendem até 1,0 m de profundidade. Em todos os horizontes antrópicos a estrutura é do tipo granular e nota-se menor densidade do solo. Os valores de pH, Ca, Mg, P, saturação por bases, CTC, C, N e estoques de C e N são mais elevados nos perfis P1 a P6, com horizonte antrópico, comparados ao P7. Os resultados de $\delta^{13}\text{C}$ indicam domínio de C originário de plantas de ciclo C3. A datação de C^{14} revela idades, dos solos com A antrópico avaliados, entre 940 ± 40 e 1230 ± 60 anos AP. As análises espectroscópicas indicam maiores quantidades de compostos aromáticos nos horizontes antrópicos (principalmente C-arila) sendo esta a principal característica que diferencia os horizontes antrópicos dos não antrópicos. Segundo o SiBCS todos os perfis de TPI, Latossolos e Argissolos, têm horizonte diagnóstico superficial antrópico e novas classes em nível de subgrupo foram identificadas. Já no WRB, os perfis P1 a P4 apresentaram horizonte *Preitic*, porém, apenas P1, P2 e P4 são classificados como Anthrosols, uma vez que o P3 não atendeu ao requisito de espessura mínima (≥ 50 cm) para a classe dos Anthrosols, sendo este classificado como Ferralsol.

Palavras-chave: Terra Preta de Índio. Anthrosols. SiBCS. WRB.

ABSTRACT

CAVASSANI, Rafael de Souza. **Characterization and classifications of soils with anthropic horizon in the south of Rondônia state**. 2018. 89p. Dissertation (Master Science in Agronomy, Soil Science). Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2018.

In Amazon, dark coloured soils known as Amazonian Dark Earths (ADE) or in portuguese “*Terra Preta de Índio*” (TPI) are found. These soils are identified by the presence of Anthropic A horizon, and they result from ancient Pre-Colombian civilizations activities. They present peculiarities which allows to distinguish them from other antropic soils, such as high nutrients and organic matter (OM) contents, in which the higher stability of OM is related to the presence of pyrogenic carbon. Despite of the repports about ADE sites in Rondônia state, a few soil science studies are found in the literature about ADEs in the state. Therefore, the objectives of this work were to identify and characterize soil profiles of ADE in the south region of Rondônia state, and to contribute for the classification of ADE in the Brazilian Soil Classification System (SiBCS) and the interational system *World Reference Base* (WRB). Five sites of ADE where chosen, in these sites seven soil profiles (P) were described and collected: six with anthropic hoizon (P1 to P6) and one not anthropic (P7) under similar landscape contions. The profiles P1 to P4 were under pasture, P5 under forest coverage, P6 and P7 under no till crop system of soybeans and maize. The profiles were characterized for their morphological, physical and chemical attributes, as well as iron oxides and extractable iron forms. The carbon contents (C) were determined according to EMBRAPA, Yeomans & Bremner (1988) (Y&B) and by mass spectrometer (CHN). Nitrogen contents were determined by Kjeldahl method and the C and N stocks calculated up to 1.0 m depth. The determination of the natural abundance of $\delta^{13}\text{C}$ was performed and the charcoal fragments dated by Radiocarbon Method (C^{14}) using mass accelerators. The extraction, fractionation and purification of humic acids (HA) were done according to methodology proposed by IHSS. Subsequently the HA were evaluated by spectroscopic methods in the visible ultraviolet (UV-Vis), Fourier transform infrared (IR) and ^{13}C nuclear magnetic resonance (NMR) spectroscopy. The NMR spectras were analyzed by chemiometry through principal component analysis. The physical attributes indicate variations in color, depths and texture among antropic horizons and soil profiles, the darkest colours observed in the P1, where it extends up to 1.0 m depth. In all antropic horizons there were observed granular structures and lower values of bulk density when compared to the subsurface horizons. The values of pH, Ca, Mg, P, base saturation, CTC, C, N and stocks of C and N were higher in P1 to P6, with antropic A horizon, than in the non-antropic soil (P7). The results of $\delta^{13}\text{C}$ were consistent with the predominance of C from C3 cycle plants. The dating of C^{14} shows ages between 940 ± 40 and 1230 ± 60 years BP. The spectroscopic analyzes indicated higher amounts of aromatic compounds in ADEs (specially aril-C) being this the main characteristic that diferenciate the antropic horizons from the non antropic ones. According to the SiBCS all ADE, “*Latosolos* and *Argissolos*” profiles, have anthropic superficial diagnostic horizons and new classes at the subgroup level were identified. In the WRB, the profiles P1 to P4 presented pretic horizon, although only P1, P2, and P4 are classified as Anthrosols, since P3 did not meet the minimum thickness requirement (≥ 50 cm) for the class of Anthrosols, being therefore classified as Ferralsol.

Keywords: Terra Preta de Índio. Anthrosols. SiBCS. WRB.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1.	Solos Antrópicos e a Terra Preta de Índio.....	3
2.2.	Matéria Orgânica do Solo nas TPIs.....	5
2.3	Análises Espectroscópicas na Caracterização da MOS.....	6
2.4	Datação por Decaimento Radioativo de C ¹⁴	10
3	MATERIAL E MÉTODOS	11
3.1.	Localização e Caracterização da Área de Estudo.....	11
3.2.	Amostragem e Descrição dos Perfis.....	11
3.3.	Caracterização Analítica.....	13
3.3.1	Análises físicas.....	13
3.3.2	Análises químicas.....	14
3.4	Nitrogênio Total e Estoques de Carbono e Nitrogênio no Solo.....	14
3.5	Abundância Natural de ¹³ C e Determinação do Carbono ¹⁴ C.....	14
3.6.	Análises Espectroscópicas.....	15
3.6.1	Extração e purificação do ácido húmico do solo.....	15
3.6.2	Espectroscopia na região do ultravioleta-visível (UV-Vis) e coeficiente E4/E6.....	15
3.6.3	Espectroscopia na região do infravermelho (IV).....	16
3.6.4	Espectroscopia de ressonância magnética nuclear (RMN) de ¹³ C.....	16
3.7.	Caracterização dos Óxidos pelo Ataque Sulfúrico.....	16
3.8.	Quantificação de Formas Extraíveis de Óxidos de Ferro.....	17
3.9.	Análise Estatística.....	17
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	18
4.1.	Atributos Morfológicos e Físicos.....	18
4.2.	Caracterização do Complexo Sortivo dos Solos.....	24
4.3.	Carbono e Nitrogênio Total e Estoques de C e N.....	29
4.4.	Variação Isotópica de ¹³ C/ ¹² C e Datação do Carvão por Decaimento Radioativo de ¹⁴ C.....	34
4.5.	Análises Espectroscópicas.....	37
4.5.1	UV-visível.....	37
4.5.2.	Espectroscopia de infravermelho (IV).....	39
4.5.3.	Espectroscopia de RMN de ¹³ C.....	41
4.6.	Si, Al, Fe e Ti Extraídos pelo Ataque Sulfúrico e Formas Extraíveis de Óxidos de Ferro.....	44
4.7.	Classificação dos Solos.....	49
5	CONCLUSÕES.....	51
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	52
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53
8	ANEXOS.....	61

1 INTRODUÇÃO

As condições climáticas típicas do ambiente amazônico são de elevadas taxas de precipitação, umidade e temperatura, as quais são favoráveis a ação do intemperismo dos minerais e também favorecem o desenvolvimento da biota do solo, conseqüentemente à rápida mineralização da matéria orgânica do solo (MOS) (Glaser, 2007). Portanto, é frequente a afirmação de que a maior parte dos solos no bioma amazônico são ácidos, apresentam baixa CTC e reduzida fertilidade. A fertilidade do solo é apontada como o fator mais limitante para a aptidão das terras e a baixa produtividade dos sistemas agrícolas nesse bioma.

No bioma Amazônico, a baixa fertilidade da grande maioria dos solos e o rápido esgotamento dos solos após a abertura das áreas para exploração, utilizando-se as práticas de corte e queima “*slash and burn*”, foram os principais motivos que levaram a interpretação generalizada desses solos como de baixa capacidade de suporte à grandes populações (Meggers 1954), uma vez que a exploração agrícola de forma contínua seria inviável após drásticas reduções na produtividade em função do empobrecimento em fertilidade dos solos. Essa afirmação está baseada no fato de que apesar do vasto conhecimento sobre agricultura que temos hoje em dia e dos avanços da pesquisa, as estratégias para o aumento e manutenção da fertilidade em solos sob clima tropical ainda são altamente dependentes de adições de fertilizantes minerais. Surpreendentemente, as Terras Pretas de Índio (TPI), relatadas nos anos de 1998 e 1999 por Charles Hartt e Joseph Beal Steere (Kern et al., 2004), apresentam elevada fertilidade e são capazes de sustentar seus índices produtivos por longos períodos de tempo, mesmo sob condições favoráveis ao empobrecimento e com a utilização em sistemas de exploração agrícolas intensivos. Esses solos são evidências deixadas por tribos pré-Colombianas que habitaram a Amazônia e são consideradas possíveis modelos para estabelecimento de uma relação de equilíbrio e eficiente entre o homem e o meio ambiente através do manejo dos sistemas naturais.

As TPIs têm como características dominantes as cores escuras e altos conteúdos de P, Ca, Mg, Zn e Mn, além de matéria orgânica estável (Novotny et al., 2009; Kawa & Oyuela-Caycedo, 2008; Lehmann et al., 2003). Elas foram consideradas por Glaser et al. (2001) como um fenômeno, por não apresentarem grandes alterações à curto prazo quanto a sua coloração e fertilidade, mesmo quando utilizadas em sistemas agrícolas de exploração intensiva.

A matéria orgânica (MO) presente nas TPIs pode ser até 6 vezes mais estável que em solos adjacentes sem horizonte A antrópico. Os maiores conteúdos de carbono nas TPIs ocorrem supostamente em função da presença de carbono pirogênico que, aparentemente, afeta o ciclo do carbono não pirogênico dando origem a compostos orgânicos de maior estabilidade no solo (Liang et al., 2010). Esta maior estabilidade resulta em maiores períodos de permanência do carbono nos solos antrópicos e tem relevante implicação no sequestro de carbono atmosférico e para o aumento do estoque de carbono no solo (Soares, 2007).

As Terras Pretas de Índio (TPI), referidas como - *Amazonian Dark Earths* (ADE) - na língua inglesa, são encontradas principalmente na Amazônia e apresentam perfis com horizontes superficiais (A Antrópico) escuros e de elevada fertilidade (epieutróficos) (Kern et al., 2009). As propriedades morfológicas, químicas e físicas das TPIs as diferenciam de outros solos formados sob mesmo ambiente e litologia. Assim, uma das hipóteses do estudo é que as características da matéria orgânica desses solos são responsáveis pelos maiores conteúdos de bases nesses solos que em solos não antrópicos e também com as várias propriedades que definem as mesmas, sendo relevantes na gênese das TPIs.

As TPI são classificadas no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) (Santos et al., 2014) com base nos atributos dos horizontes diagnósticos subsuperficiais (B ou C) e apenas em nível categórico inferior é considerado o horizonte antrópico. Nos sistemas

internacionais, como o *World Reference Bases* (WRB) (IUSS Working Group, 2014), alguns desses solos são classificados como Anthrosols. Portanto, outra hipótese do estudo é que os perfis de TPI, observados na região de estudo, podem ser incluídos na classe dos Anthrosols, mas apresentam horizonte *pretic* e não *plaggic*, *hortic*, ou *terric*, assim diferenciando-os de Anthrosols em várias regiões da Europa.

As TPIs apresentam propriedades diferenciadas em relação ao demais solos de terra firme que não são TPI (Silva et al., 2011). Dentre as principais características destacam-se seus elevados níveis de matéria orgânica do solo (MOS) e elevada fertilidade. A persistência da fertilidade dessas terras diante de uso agrícola prolongado está relacionada ao elevado conteúdo de MOS e as suas propriedades físicas e químicas como a reatividade das frações húmicas (Cunha et al., 2009a). Os vegetais são a fonte principal de fornecimento de matéria orgânica (MO) ao solo e dependendo da quantidade de material depositado, da intensidade de processos de decomposição e de sua interação com a porção mineral do solo, pode ocorrer aumento do conteúdo de carbono orgânico (Campos et al., 2012) ou não. Assim, a terceira hipótese é de que o uso atual das TPIs, com lavouras em sistemas intensificados, poderá promover alterações em suas propriedades.

Os objetivos gerais do estudo foram a identificação e caracterização de solos com horizonte antrópico no estado de Rondônia e contribuir para a classificação desses solos de acordo com o SiBCS e o WRB.

Os objetivos específicos foram:

- a. Caracterização morfológica, física e química de solos com horizonte antrópico no sul do estado de Rondônia.
- b. Determinar o estoque de carbono e nitrogênio em solos com horizonte antrópico e em perfil adjacente (não antrópico).
- c. Obter a variação isotópica de carbono (C^{13}) e a datação de carbono (C^{14}) nos sítios com horizonte antrópico.
- d. Caracterizar mediante espectroscopia de ultravioleta, Infravermelho e ^{13}C RMN, os ácidos húmicos de horizontes antrópicos sob floresta e sob cultivo em comparação com horizontes não antrópicos sob área de cultivo.
- e. Avaliar a distribuição dos elementos Si, Al e Fe, em solos antrópicos e não antrópicos.
- f. Classificar os perfis estudados de acordo com o SiBCS e o WRB.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Solos Antrópicos e a Terra Preta de Índio

O termo “Antrópico” foi designado para indicar modificações no ambiente ocasionadas pelo uso e ocupação humana. No entanto, podemos encontrar na literatura outras terminologias como “Antropogênico” que em teoria se diferencia do primeiro em função da intencionalidade da modificação gerada no ambiente. Deste modo o termo “antrópico” serviria para caracterizar modificações não intencionais, enquanto “antropogênico” para modificações intencionais (Barrow, 2012). Apesar dessa explicação bastante lógica, a distinção dos solos modificados pelo homem utilizando-se desses conceitos é complicada e por muitas vezes equivocada uma vez que essa determinação da intencionalidade requer estudos arqueológicos aprofundados para averiguação se essas alterações seriam mesmo intencionais ou consequência do uso e manejo aplicados. Além disso, a intencionalidade de criação das TPIs ainda é tema de debates nos quais se observam opiniões controversas (Fraser & Clement, 2008; Balee, 2010). Portanto este estudo utiliza o termo antrópico em seu sentido geral para identificar todos os solos modificados pelo homem sem levar em consideração a intencionalidade da alteração.

Os solos antrópicos, de maneira geral, são produtos de alterações humanas caracterizados pelo incremento em matéria orgânica, seja pelo uso contínuo dos solos como áreas de cultivo ou de residência por períodos prolongados, com ou sem mistura do material orgânico ao material mineral, podendo apresentar também fragmentos de cerâmica e restos de ossos e ou conchas (Santos et al., 2014). Os solos antropicos podem ser encontrados em diversas localidades ao redor do globo, sendo que, na Europa a incorporação constante de cama animal (dejetos animais juntamente com materiais vegetais utilizados em confinamentos animais) nas áreas de cultivo originaram horizontes antrópicos chamados de *plaggic* (IUSS Working Group, 2014). Já na Amazônia, nos horizontes antrópicos que caracterizam a Terra Preta de Índio (TPI) os conteúdos de carbono estão relacionados à adição de resíduos animais e vegetais de maneira carbonizada e, portanto, apresentam propriedades e características diferenciadas dos demais solos antropogênicos.

As TPIs são descritas por Clement et al., (2015) como solos resultantes da ação antrópica de antigas civilizações indígenas, que habitaram a Amazônia antes da descoberta do continente Sul Americano pelos Europeus. Estes mesmos autores estimam que a Amazônia antes da chegada de Cabral foi povoada por pelo menos 8 milhões de índios. A teoria mais difundida atualmente sobre a origem das TPIs é de que elas tenham sido áreas modificadas pelo uso prolongado por civilizações pré-colombianas (Campos et al., 2010).

As TPIs têm sido objeto de diversas pesquisas, mas ainda são muitas as dúvidas quanto a sua gênese e classificação. No Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (SiBCS) (Santos et al.,) não existe uma classe exclusiva para esses solos. Embora a presença do horizonte antrópico nessas terras talvez seja o atributo diagnóstico de maior importância taxonômica, assim como o horizonte hístico é para a ordem dos Organossolos e o A chernozêmico para os Chernossolos. Outros sistemas, como o World Reference Base for Soil Resource (WRB) (IUSS Working Group, 2014) possuem classe específica, os Anthrosols, embora a identificação das TPIs ainda se confunda com a de solos com horizontes *Plaggic*, *Hortic*, ou *Terric* .

O horizonte *plaggic* é descrito no WRB (IUSS Working Group, 2014) como:

“Um horizonte mineral superficial de coloração preta ou marrom resultante da atividade humana. Comumente em solos pobres em nutrientes da região noroeste da Europa Central medieval até a introdução de fertilizantes minerais no início do

século XX, restos vegetais ou partes superficiais dos solos eram usadas como cama de animais. “ [...] “Essa mistura rica em excrementos oriunda das criações era constantemente distribuída nos campos de produção, originando um horizonte espesso (em alguns locais > 100 cm de espessura) rico em carbono e geralmente com baixa saturação de bases. “

No campo sua identificação é caracterizada pelo WRB (2014) como:

“Horizonte com cores amarronzadas ou pretas, relacionadas ao material de origem. O horizonte plaggic contém artefatos, porém normalmente em quantidades inferiores a 20%. As reações são, em sua maioria, de caráter levemente ácidas a fortemente ácidas. O pH nesses solos pode ter aumentado em função de calagens recentes, mas sem altos valores de saturação por bases. Eles mostram evidências de antigas operações agrícolas nas partes mais subsuperficiais como marcas de pás ou de arado como também presença de antigas camadas de cultivo. Horizontes plaggic comumente recobrem solos enterrados embora os horizontes originais tenham sido misturados ao plaggen. Em alguns casos, valas foram feitas sob os solos enterrados como modo de cultivo para melhoria dos solos. A transição entre o horizonte plaggic e o horizonte abaixo é tipicamente clara. “ (versão do autor)

O horizonte antrópico é definido no SiBCS (Santos et al., 2014) como sendo: *“Um horizonte formado ou modificado pelo uso contínuo do solo pelo homem como lugar de residência ou de cultivo por períodos prolongados, com adições de material orgânico, em mistura ou não com material mineral e contendo fragmentos de cerâmica e/ou artefatos líticos e/ou restos de ossos e conchas”* (Santos et al.,). Até o momento esse horizonte é utilizado para caracterizar as seguintes classes, em nível de subgrupo, no SiBCS: GLEISSOLOS TIOMÓRFICOS Órticos antrópicos; LATOSSOLOS AMARELOS Distrocoesos antrópicos; e LATOSSOLOS AMARELOS Distróficos antrópicos. Entretanto, é possível supor que outras classes podem ocorrer, uma vez que ainda não se conhece toda a abrangência de TPIs no ambiente amazônico e outros biomas.

As TPIs ocorrem na forma de manchas de formato irregular por toda a Amazônia e estão comumente situadas sob terraços elevados de boa drenagem. O tamanho dessas manchas pode variar de menos de 1,0 a mais de 400 hectares (Kern et al., 2013). Porém, a área de abrangência das TPIs é ainda desconhecida e a maioria dos sítios identificados é composta por aqueles próximos à interflúvios e vias de fácil acesso. Estimativas sobre a área de cobertura das TPIs variam de 1 a 3% da área da Amazônia (Fraser et al., 2011). Mas acredita-se que esse número seja superior uma vez que na região muitas áreas estão ainda intocadas pela atual civilização. Apesar de representarem porcentagem pequena quando comparada a extensão total da Amazônia e do país, as TPIs são altamente relevantes para as comunidades onde ocorrem, bem como um objeto de pesquisas visando práticas para melhoria dos solos tropicais (Glaser et al., 2001).

Dentre as principais características morfológicas que têm sido usadas para diferenciar as TPIs dos demais solos destacam-se a presença de fragmentos de cerâmica e outros artefatos, a coloração bastante escura e ocorrência comum de carvão vegetal, fragmentos de ossos e/ou conchas. Quimicamente, esses solos se distinguem dos demais solos, principalmente, pelos elevados teores de fósforo, cálcio, magnésio e o maior conteúdo de carbono orgânico (Cunha et al., 2009a).

Vários trabalhos (Cunha et al., 2009b; Campos et al., 2010; Costa et al., 2013; Araújo et al., 2015) apontam que as TPIs possuem elevados conteúdos de MOS, altos teores de fósforo, elevada CTC e saturação de bases em relação a outros solos na mesma paisagem ou adjacentes na vizinhança. O que permanece mesmo após anos de intensa exploração agropecuária e de exposição a condições climáticas altamente favoráveis a decomposição da

MOS e perda de bases. Nesse sentido, diversas pesquisas (Arruda & Teixeira, 2007; Benites et al., 2009; Cunha et al., 2009b; Monteiro et al., 2009; Perez et al., 2009; Steiner et al., 2009) foram realizadas visando gerar informações que possibilitem reproduzir as características das TPIs como alternativa de manejo da fertilidade em solos tropicais altamente intemperizados. Em destaque o projeto de pesquisa e desenvolvimento multidisciplinar e multi-institucional intitulado Terra Preta Nova (TPN), que conta com a participação de cientistas do Brasil e de países da América Latina, dos Estados Unidos e da Europa (Sombroek et al., 2009).

Outra característica das TPIs considerada como extraordinária por Smith (1980) foi a estabilidade da cor escura dos horizontes antrópicos. Diferentemente de outros solos em clima tropical, as TPIs, quando submetidas por períodos prolongados de revolvimento, pelo uso agrícola intensivo, com o aumento da aeração, são mais resilientes a mudanças e mostram menor variação na cor escura dos horizontes superficiais. Acredita-se que a manutenção da cor esteja principalmente associada tanto a presença de carvão vegetal (Glaser et al., 2000) quanto a maior estabilidade da MOS, favorecida pela presença de compostos de alta recalcitrância, especialmente o carbono pirogênico (Liang et al., 2006; Novotny et al., 2009; Mao et al., 2012).

Muitas dúvidas permanecem quanto à formação das TPIs e a fonte dos altos teores de fósforo. Uma das explicações é que os elevados teores de fósforo nesses solos estão relacionados aos hábitos alimentares das tribos pré-colombianas uma vez que muitos dos alimentos utilizados forneciam rejeitos ricos em P como por exemplos os ossos, sangue, espinhas de peixe, entre outros (Kern et al., 2009). Esses resíduos eram então descartados nos locais onde se formariam as TPIs (Lima et al., 2011). Estes autores verificaram que os fragmentos de cerâmica indígena encontrados nesses solos também apresentavam elevados teores de P, sendo esses resultados associados ao uso das panelas de cerâmica na cocção de alimentos de alimentos ricos em fósforo.

Dentre os estudos mais recentes no Brasil com TPIs destacam-se os de Barros et al. (2012), no estado do Pará; de Cunha et al. (2009); Clement et al. (2015); Campos et al. (2010); Santos et al. (2013); Lima et al. (2002), no Amazonas. Acredita-se que a maior concentração das terras pretas esteja na Amazônia central e na região do alto Xingú em território Brasileiro, porém existem relatos da ocorrência de TPIs em outros países que também apresentam bioma amazônico como as Guianas, Peru, Equador e sul da Venezuela (Glaser & Birk, 2012). Solos com características semelhantes as TPIs foram identificados por Lombardo et al. (2013) na Amazônia Boliviana e por Piperno (1990) no Equador.

2.2. Matéria Orgânica do Solo nas TPIs

As características especiais das TPIs são comumente atribuídas tanto a quantidade quanto a qualidade da MOS principalmente por apresentarem em sua constituição compostos orgânicos de elevada estabilidade e funcionalidade (Glaser et al., 2000; Liang et al., 2006; Glaser, 2007; Cunha et al., 2009b; Novotny et al., 2009; Silva et al., 2011; Birk, 2012; Mao et al., 2012; Santos et al., 2013b).

A formação de compostos de maior estabilidade nas TPIs está relacionada a presença de carbono pirogênico (Novotny et al., 2009), que é definido como: *“um contínuo entre materiais parcialmente carbonizados, tais como carvão, material grafítico e partículas de fuligens condensadas na fase gasosa”* (González-Pérez et al., 2004). Nesta definição todos os materiais orgânicos sintéticos ou naturais são matéria prima para a formação do carbono pirogênico (carvão, fuligem de materiais carbonáceos, grafite). Esses materiais são considerados como formas altamente recalcitrantes de carbono no solo e com longo tempo de permanência (Glaser et al., 2000).

Apesar da elevada recalcitrância, estudos tem demonstrado que o carbono pirogênico pode ser parcialmente oxidado ao longo do tempo, desenvolvendo grupamentos carboxílicos

na periferia de seus anéis aromáticos (Glaser et al., 2001; Liang et al., 2006; Glaser, 2007; Novotny et al., 2007; Cunha et al., 2009b; Madari et al., 2009; Birk, 2012). Para Mao et al. (2012), os resíduos de carbono pirogênico oxidados são contituídos por aproximadamente 6 anéis aromáticos fundidos e 5 grupos carboxílicos estáveis no solos que contribuem para a CTC do solo e consequentemente para a fertilidade (Liang et al., 2006). Novotny et al. (2007) observaram em amostras de AH de TPIs o predomínio de compostos de carbono de elevada recalcitrância, como carbono arila, e de radicais funcionais como os grupamentos carboxílicos. Esses mesmos autores concluíram que a presença desses compostos nos AH é herança das adições de carbono pirogênico pelas tribos pre-colombianas.

Nas TPIs, estudos para a caracterização da MOS foram feitos por Cunha et al. (2009b); Barros et al. (2012); Liang et al. (2013); Araújo et al. (2015); Novotny et al., (2007); Glaser & Birk (2012); e Mao et al., (2012). Diversas metodologias têm sido empregadas para a quantificação e caracterização da matéria orgânica nesses solos. A principal dificuldade está relacionada a quantificação e separação do carbono correspondente ao carvão (carbono pirogênico) do carbono não pirogênico, tendo em vista a grande interação entre essas duas formas (Mendoza, 2011). Analisando a composição da MOS de TPIs, Glaser et al. (2000) estimaram valores de carbono pirogênico de aproximadamente 35% do carbono total.

As descobertas sobre as aparentes funções do carbono pirogênico no ciclo biogeoquímico do carbono tem sido o assunto de diversas discussões, principalmente quanto a possibilidade de utilizar o biocarvão (geralmente referido como biochar) para aumentar a capacidade do solo em estocar e sequestrar carbono da atmosfera. Pesquisas recentes têm apontado a possibilidade de aplicação do biocarvão como um importante sumidouro no ciclo global do carbono (Cunha et al., 2009; Mangrich et al., 2011).

O estudo da qualidade da MOS nas TPIs requer técnicas diferenciadas e algumas delas são apresentadas nos itens seguintes.

2.3 Análises Espectroscópicas na Caracterização da MOS

As técnicas espectroscópicas fornecem informações importantes sobre compostos orgânicos e suas estruturas a partir da interação de diferentes regiões do espectro eletromagnético e a matéria orgânica (Cunha, 2005). Silverstein et al. (1994) definem a espectroscopia como o estudo da interação entre a energia quantizada (energia eletromagnética) e a matéria, sendo gerados espectros, gráficos de absorção ou emissão de energia (radiação) contra o comprimento de onda (λ) ou a frequência desta radiação (ν).

Na maioria dos estudos da MOS por meio de técnicas espectroscópicas são utilizadas as substâncias húmicas, principalmente os ácidos húmicos, em função da facilidade de extração, purificação, maior relação com a identidade do solo e, principalmente, pela capacidade de expressar as transformações que ocorrem no solo, incluindo as mudanças decorrentes do manejo adotado (Gomes et al., 2018). Além disso, as técnicas espectroscópicas permitem a análise de características químico-estruturais da matéria orgânica (grupamentos funcionais, aromaticidade, alifaticidade, radicais livres, entre outras) bem como interações dessas estruturas com componentes orgânicos e inorgânicos do solo (Gomes et al., 2017).

2.3.1 Espectroscopia na região do ultravioleta-visível

A espectroscopia na região do ultravioleta é uma técnica de baixo custo operacional, fácil e rápida execução, porém muito limitada quanto a detecção de compostos. As faixas de absorção de interesse correspondem ao ultravioleta (200-400nm) e ao visível (400-800nm). Essa técnica permite identificar as transições de elétrons dos orbitais em seu estado fundamental para orbitais um estado excitado de maior energia (Ceretta et al., 2008).

Os espectros correspondem a um gráfico de frequência ou comprimento de ondas de absorção, relacionada com a intensidade de absorção medida em transmitância ou absorbância (Bubert & Jannet, 2002). É muito empregada em estudos com substâncias húmicas do solo para avaliar o grau de humificação, principalmente de AH e AF (Bayer et al.; 2002).

A partir dos espectros gerados é possível calcular a relação E4/E6 dividindo-se os valores de absorbância obtidos no comprimento de ondas de 465 nm pela obtida a 665 nm. Esta razão tem sido associada ao grau de humificação das SHs, embora Cheng et al., (1997), mostraram que essa relação apresenta maior associação o peso molecular, do que propriamente com o grau de condensação das moléculas húmicas.

Baixos valores da razão E4/E6 são indicativos de constituintes aromáticos mais humificados, enquanto que maiores valores de E4/E6 remetem a presença de estruturas alifáticas de menor peso molecular e, portanto, menor o grau de condensação das SH nesta amostra (Canellas & Santos, 2005).

2.3.2 Espectroscopia na região do infravermelho vibracional

A espectroscopia de infravermelho (IV), também chamada de espectroscopia vibracional emprega níveis de energia entre a região do visível e de micro-ondas. As diferentes vibrações moleculares produzidas por diferentes grupos funcionais são detectadas e através dos espectros gerados é possível obter informações sobre a natureza, reatividade e o arranjo estrutural dos grupos funcionais (principalmente funções oxigenadas) que compõem as substâncias húmicas (Canellas & Santos, 2005). Como também observar os efeitos provocados através de modificações químicas (metilação e acetilação) e ainda avaliar a presença ou ausência de substâncias inorgânicas, tais como metais (Stevenson, 1994).

Um espectro de infravermelho é uma representação gráfica da correlação entre a intensidade de absorbância (A) ou transmitância (T) e a energia da radiação de IV, expressa em número de ondas (Stevenson, 1994). Na espectroscopia os átomos podem apresentar diferentes comportamentos vibracionais com absorção de energia em comprimentos de ondas distintos (Leite & Prado, 2012).

Os espectros das substâncias húmicas podem ser classificados em 3 tipos: espectros do tipo 1, são caracterizados por bandas de absorção fortes e evidentes em 3400 cm^{-1} , 2900 cm^{-1} , 1720 cm^{-1} , 1600 cm^{-1} e 1200 cm^{-1} . Os espectros do tipo 1 são característicos de substâncias com alto peso molecular. Já espectros do tipo 2, são característicos de moléculas húmicas de menor massa molecular como ácidos fúlvicos e, além dessas absorções, apresentam uma absorção muito intensa em 1720 cm^{-1} . Os espectros do tipo 3 têm as mesmas absorções características dos espectros do tipo 1, porém apresentam bandas indicativas de proteínas e carboidratos com picos de absorção mais intensos em 2900 cm^{-1} e em 1540 cm^{-1} . Sendo que para estudos de ácidos húmicos os espectros dos tipos 1 e 3 são os mais indicados (Stevenson, 1994; Cunha, 2005).

A espectroscopia de infravermelho, juntamente com outras técnicas como a análise elementar, RMN ^{13}C , determinação do peso molecular, entre outras, tem grande importância para investigações sobre a estrutura, composição e reatividade das substâncias húmicas (Santos et al., 2008).

As principais bandas identificadas para substâncias húmicas na literatura são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Principais bandas de absorção dos ácidos húmicos.

Bandas (cm⁻¹)	Características
3750 - 3400	Estiramento e deformações de ligações O-H e Si-O caracterizado pela presença de impurezas minerais.
3440 - 3100	Estiramento O-H unidos por pontes de H em COOH, álcoolis ou fenóis e estiramento N-H de aminas.
3100 - 3030	Estiramento C-H em anéis aromáticos.
2940 - 2900	Estiramento assimétrico C-H em CH ₂ e CH ₃ alifáticos.
2860 - 2840	Estiramento simétrico C-H em CH ₂ e CH ₃ alifáticos.
1725 - 1700	Estiramento C=O em COOH (principalmente), cetonas alifáticas, aldeídos e ésteres
1700 - 1630	Estiramento C=O de COO ⁻ ou C=C conjugado com COO ⁻ ou amidas
1620 - 1600	Estiramento C=C em anéis aromáticos e estiramento COO ⁻ (Principalmente), ligações fortes de H com C=O em cetonas conjugadas.
1545 - 1505	Deformação N-H e estiramento C=N em amida ou estiramento C=C em anéis aromáticos.
1470 - 1420	Deformação C-H em CH ₂ e CH ₃ alifáticos, estiramento COO ⁻ .
1420 - 1380	Deformação C-H em CH ₂ e CH ₃ alifáticos, deformação O-H e estiramento C-O em OH fenólico e estiramento COO ⁻ .
1380 - 1350	Deformação C-H em CH ₂ e CH ₃ alifáticos, estiramento C-OH em OH fenólico e estiramento COO ⁻ .
1300 - 1200	Estiramento C-O de grupos fenólicos ou ácidos carboxílicos.
1100 - 1000	Estiramento C-O em álcoois alifáticos, C-O-C de éteres e C-O em polissacarídeos.
900 - 690	Deformação C-H em anéis aromáticos (fora do plano).

Baes & Bloom (1989); Silverstein et al. (1994); Niemeyer et al, (1992); Stevenson (1994); Barancikova et al. (1997).

2.3.3 Espectroscopia de ressonância magnética nuclear

A espectroscopia de ressonância magnética nuclear (RMN) tem como base a aplicação de campo magnético aos núcleos dos átomos e a medição da quantidade de energia necessária para levar esses núcleos ao estado de ressonância. Um núcleo pode se comportar como um ímã devido a sua carga e spin, portanto a aplicação de campo magnético faz com que ele se oriente no mesmo sentido do campo magnético gerado, estado “ α -spin” de menor energia. É chamado de "estado de ressonância" quando este mesmo núcleo se orienta no sentido contrário ao campo magnético gerado. Nesse caso, diz se que o núcleo atingiu o estado “ β -spin” de maior energia (Pretsch et al., 2005).

A quantidade de energia para se trazer cada núcleo para o estado de ressonância é variável de acordo com o ambiente eletrônico em que o núcleo se encontra (Mathers et al., 2000). Os ambientes eletrônicos são diferenciados em função da eletronegatividade entre os diferentes elementos que compõem uma determinada molécula. Desta maneira, um átomo sob pequena influência da eletronegatividade pode estar envolto por uma nuvem de elétrons que

absorvem parte do campo eletromagnético gerado, formando o que é chamado de escudo diamagnético ao redor do núcleo. A presença desse escudo impede que o núcleo se oriente totalmente no sentido do campo magnético aplicado, sendo necessária menor quantidade de energia para trazer esse átomo para o estado de ressonância (Mathers et al., 2000).

Podem ser identificados pela RMN apenas aqueles isótopos que possuem número ímpar de prótons e/ou nêutrons e número ímpar de massa, como os isótopos de H^1 , C^{13} , N^{15} , O^{17} , F^{19} e P^{31} (Santos et al., 2008). Os resultados da RMN são espectros que apresentam sinais ou picos os quais representam a quantidade de energia necessária para se trazer cada núcleo para o estado de ressonância. Um espectro de ^{13}C RMN pode ser entendido como histograma de frequências, em que no eixo da abcissa está o deslocamento químico, com escala em ppm (que não se relaciona com unidade de concentração) e que fornece a identidade do grupo químico responsável pelo sinal. No eixo da ordenada é mostrada a intensidade, ou área desse sinal, que é proporcional a quantidade de um dado grupo químico (Dick & Novotny, 2015).

O primeiro relato da utilização da RMN em Ciência do Solo é de 1963, enquanto que, os primeiros trabalhos apresentando espectros de ^{13}C foram publicados em 1976 por dois grupos independentes, Gonzalez-Vila & Lentz e Stuermer & Payne (Preston, 1996). Desde então, a espectroscopia de ressonância magnética nuclear vem sendo empregada em estudos da matéria orgânica do solo (MOS), para a identificação de grupamentos funcionais das substâncias húmicas (Mao et al., 2017). Por meio dessa técnica pode-se avaliar a presença de estruturas alifáticas e aromáticas e, assim, é possível inferir sobre o grau de humificação da MOS. A RMN em estudos da MOS pode facilitar o acompanhamento de transformações nas estruturas das substância húmicas causadas por alterações nos sistemas de manejo e seus efeitos nos componentes orgânicos e inorgânicos do solo (Favoretto, 2007).

A utilização da espectroscopia de ^{13}C RMN em estudos da MOS não visa a identificação individual dos componentes da matéria orgânica, pela complexidade das moléculas orgânicas. Porém, os espectros de ^{13}C RMN são divididos em grandes regiões espectrais (Figura 1) que separam as funcionalidades químicas da MOS (Mao et al., 2017). Essas regiões são: 0-45 ppm: alquilas, principalmente de estruturas alifáticas como ácidos graxos; 45-60 ppm: metoxila da lignina e N-alquila, de proteínas; 60-100 ppm: O-alquila e di-O-alquila de carboidratos, principalmente celulose; 110-145 ppm: grupos arila da lignina e carbono pirogênico (carvões); 145-160 ppm: O-arila também da lignina e fenóis; 160-190 ppm: carboxila de ácidos orgânicos; e 190-230 ppm: carbonilas de aldeídos e cetonas (Santos et al., 2008).

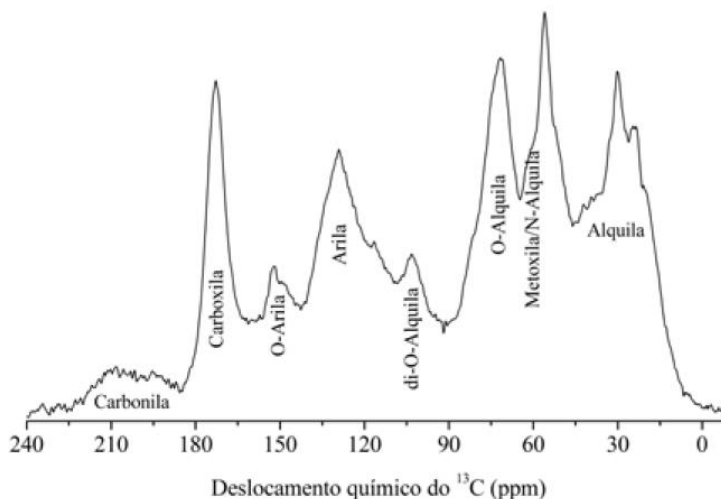


Figura 1. Possíveis picos em espectros de RMN de ^{13}C de ácidos húmicos do solo (Fonte: Dick & Novotny, 2015).

A técnica da RMN pode ser aplicada em amostras sólidas e líquidas, sendo mais comum seu uso em amostras sólidas. A RMN em estado sólido é uma análise não destrutiva e, permite a reutilização da amostra em outras análises, com economia de solventes (Dieguez et al., 2018). No entanto, apresenta limitações como a menor sensibilidade, devido a baixa abundância natural da maioria dos núcleos e tempos de relaxação muito grandes (Pretsch; Bühlmann; Badertscher, 2005).

Um exemplo de aplicação da RMN é a avaliação de alterações causadas por sistemas de manejo nos grupamentos funcionais dos ácidos húmicos (Dick & Novotny, 2015). Segundo os autores, em sistemas de manejo convencional, com arações e gradagens, observa-se o aumento relativo de compostos de maior recalcitrância com grupos aromáticos e alquilas hidrofóbicas. Já em sistemas conservacionistas como o plantio direto há maior preservação de estruturas mais lábeis como os carboidratos.

2.4 Datação por Decaimento Radioativo de C^{14}

O carbono 14 (C^{14}), também chamado de radiocarbono é um isótopo radioativo natural do elemento carbono. Este isótopo recebe esta numeração em função de sua composição molecular por 6 prótons e 8 nêutrons, que lhe confere número de massa 14 (Francisco et al., 2002).

O C^{14} é produzido nos limites superiores da atmosfera a partir da ação dos raios cósmicos. Este é absorvido pelas plantas através da fotossíntese e entra na cadeia alimentar da maioria dos seres vivos. A quantidade de C^{14} permanece constante durante toda a sua vida, no entanto com a morte de um organismo a contagem de C^{14} começa a decair. O carbono 14 é o isótopo de carbono que apresenta o maior tempo de meia vida que é de aproximadamente 5.730 anos, ou seja, após esse período a quantidade de C^{14} terá decaído a metade do conteúdo inicial (Alves, 2010). Utilizando-se deste conceito de meia vida é possível calcular o período de tempo aproximado em que ocorreu a morte de um indivíduo através das concentrações ou atividades iniciais e finais de C^{14} em uma determinada amostra (Francisco et al., 2002).

Como referência das concentrações ou atividades iniciais de C^{14} em uma amostra utiliza-se um padrão de ácido oxálico cujas concentrações de C^{14} se assemelham aos da atmosfera de 1950 (Macario & Alves, 2018). Deste modo os resultados são expressos em anos BP (“*Before presente*” ou em português AP “Antes do Presente) que tem como referência o ano de 1950, uma vez que nos anos posteriores testes atômicos durante o período da segunda guerra mundial levaram a desequilíbrios nas concentrações naturais de alguns isótopos na atmosfera (Francisco et al., 2002).

A datação por radiocarbono foi descoberta nos anos 40, por Willard Frank Libby. O método é aplicável a todo material proveniente de um ser vivo nos últimos 60.000 anos. Após esse tempo, a quantidade de C^{14} é muito pequena, impossibilitando um cálculo preciso (Scheel-Ybert, 1999).

Para a datação de solos antrópicos recomenda-se a utilização do carvão no solo, porém na ausência de deste pode-se utilizar a humina (Gouveia et al., 1999). Segundo estes mesmos autores, as idades obtidas através da datação da humina são em média 10% mais jovens em relação as datações do carvão.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localização e Caracterização da Área de Estudo

A área de estudo está situada ao sul do estado de Rondônia, nos municípios de Cabixi, Pimenteiras do Oeste e Cerejeiras (Figura 2). As áreas estão inseridas no bioma amazônico e na região da Amazônia Ocidental.

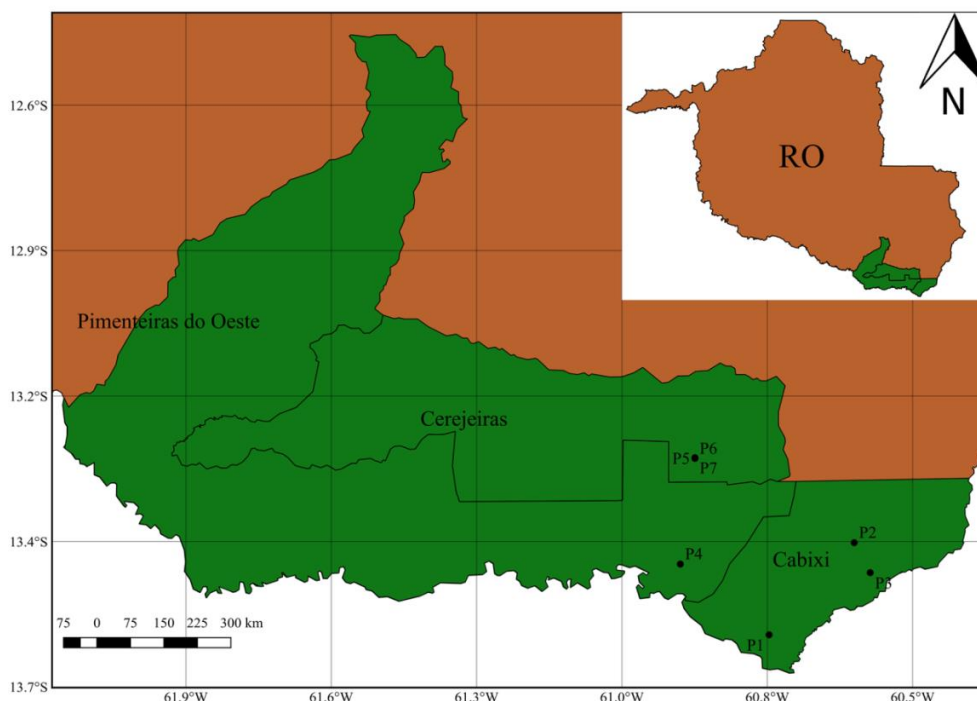


Figura 2. Localização dos perfis estudados nos municípios de Cabixi, Cerejeiras e Pimenteiras do Oeste. (Adaptado de IBGE, 2014)

Quanto à geologia da região de estudo, a formação superficial é descrita como “coberturas sedimentares indiferenciadas, associadas ambientes de leques aluviais, canais fluviais, planícies de inundação e lagos, constituída por sedimentos cuja granulometria varia de cascalho a argila, com lateritização significativa” (CPRM, 1999).

A área está situada na bacia hidrográfica do rio Guaporé e no vale do rio Guaporé (CPRM, 1999), o que explica a constituição do material de origem dos solos basicamente sedimentar. O relevo local é plano e todas as áreas estão localizadas em posição de terraço fluvial, próximas a cursos d’água.

O clima da região na classificação de Köppen, segundo Alvares et al. (2014), é tropical do tipo Am (clima de monção), com precipitação pluviométrica média anual de 2200 a 2500 mm e temperatura média anual entre 24 e 26 °C.

3.2. Amostragem e Descrição dos Perfis

Foram escolhidos cinco sítios com solos antrópicos, três no município de Cabixi, um no município de Pimenteiras do Oeste e um no município de Cerejeiras. Foram abertas 7 trincheiras para caracterização dos perfis e coleta de amostras no período de 10 de setembro a 02 de outubro de 2016, em diferentes áreas e coberturas (Tabela 2).

Tabela 2. Localização dos perfís amostrados na região sul do Estado de Rondônia.

Sítio	Perfil	Município	Coordenadas (UTM)	Cobertura Vegetal
1	P1	Cabixi	0742672 e 8493178	Ptg ¹ (<i>Urochla decumbens</i>)
2	P2	Cabixi	0760624 e 8512634	Ptg (<i>Urochla brizantha</i>)
3	P3	Cabixi	0763897 e 8506212	Ptg (<i>Urochla brizantha</i>)
4	P4	Pimenteiras do Oeste	0724293 e 8508400	Ptg (<i>Urochla decumbens</i>)
5	P5	Cerejeiras	0727560 e 8530918	Floresta
5	P6	Cerejeiras	0727527 e 8530895	Lavoura (milho/soja)
5	P7	Cerejeiras	0727534 e 8531061	Lavoura (milho/soja)

1- Ptg= pastagem

Nos sítios de 1 a 4 foram abertas uma trincheira em cada local. Já no quinto sítio, no município de Cerejeiras, foram abertas três trincheiras em locais próximos, sob condições semelhantes de clima, relevo, drenagem e litologia. Porém, a primeira trincheira foi aberta em solo antrópico sob cobertura florestal, a segunda e a terceira estão sob lavoura com sucessão de soja e milho, sendo que uma delas não é um solo antrópico (Figura 3).

Embora em estudos de classificação de solos, geralmente se considere cada pedon como único, logo não possui repetição de fatores que levam a sua gênese, no quinto sítio foram escolhidos perfís sob as mesmas condições de topografia e materiais de origem, mas com diferentes usos e cobertura vegetal. A inserção desses perfís teve como meta comparar, de forma qualitativa, os atributos edáficos, com ênfase na variação de fertilidade e caracterização da matéria orgânica.

Para identificação visual de artefatos e pontos de carvão, foram utilizados pinos de madeira coloridos, inseridos na parede do horizonte Antrópico (Figuras 3 e 4). Após a separação dos horizontes, coleta das amostras de terra e registro fotográfico, os artefatos foram retornados ao solo. Em todas as localidades foi solicitada a permissão dos proprietários para abertura de trincheiras, tomando-se o cuidado de não promover maior alteração nos locais das TPIs. Entretanto, em todos os sítios, menos no sob cobertura florestal, a área já vem sendo usada há muitos anos para agricultura ou pecuária.

A descrição morfológica dos perfís e a coleta das amostras foram realizadas em trincheiras de acordo com as normas da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (Santos et al., 2014). As amostras foram encaminhadas para o Laboratório de Gênese e Classificação dos solos, no Departamento de Solos da UFRRJ, onde foram preparadas para as determinações analíticas (Donagema et al., 2011).



Figura 3. Imagens dos perfis de solo no município de Cerejeiras (quinto sítio), com e sem horizontes antrópicos. A esquerda – solo antrópico sob floresta; centro – solo antrópico sob lavoura; e a direita – solo não antrópico sob lavoura.



Figura 4. Perfil 1 no município de Cabixi, com pinos coloridos marcando a distribuição de fragmentos de cerâmica e pontos de carvão.

Os perfis foram classificados segundo o SiBCS (Santos et al., 2014) e o sistema internacional *World Reference Basis* - WRB (IUSS Working Group, 2015).

3.3. Caracterização Analítica

3.3.1 Análises físicas

Os conteúdos das frações granulométricas areia, silte e argila foram determinados pelo método da pipeta após dispersão química das argilas com NaOH mol L^{-1} (Donagemma et al., 2011). A densidade do solo foi obtida a partir de amostras indeformadas, etadas com anel

volumétrico de 44 cm³. Para a densidade das partículas (Dp) foi utilizado o método do balão volumétrico (Donagemma et al., 2011).

3.3.2 Análises químicas

a) Análises do complexo sortivo

Os elementos químicos do complexo sortivo (Ca, Mg, Na, K, H e Al) e o pH em água (análises de rotina) foram determinados de acordo com métodos da (Donagemma et al., 2011). Com base nos resultados foram calculadas a soma de bases (Valor S), a capacidade de troca catiônica (Valor T) e a saturação por bases (V%).

b) Carbono orgânico e carbono total

O carbono orgânico (Corg) do solo foi determinado por meio da digestão via úmida, sendo adotados os métodos de Walkley & Black (W&B) adaptado por Embrapa (1997) e de Yeomans e Bremner (1988). O método W&B foi selecionado pois se presume que o carvão presente nas TPIs não seja quantificado como Corg. Outra razão é que este é o método de referência para a classificação dos solos no SiBCS (Santos et al., 2013). Já no WRB (WRB, 2014) o método de referência é o do espectrômetro de massa, em que o carvão também é quantificado como Corg.

c) Fósforo disponível

Os teores de fósforo (P) foram determinados por dois métodos distintos. No primeiro, de caráter ácido, foi feita a extração com solução de Mehlich-1 (HCl 0,05 mol L⁻¹ e H₂SO₄ 0,0125 mol L⁻¹) e o teor de P foi determinado por colorimetria, após a redução do complexo fosfomolibdídico com ácido ascórbico em presença de sal de bismuto (Donagemma et al., 2011). No segundo, de caráter básico, foi usada a solução de Olsen (solução de NaHCO₃ 0,5M a pH 8,5). Para a extração foram utilizadas 2,5 cm³ da amostra de terra e 50 ml de solução de NaHCO₃ a pH 8,5, com tempo de contato de trinta minutos e então filtração através de papel Whatman número 42. Após a filtração, as alíquotas de 5 mL do extrato foram unidas a 5 mL de solução reagente de cor e 30 mg de ácido ascórbico e após um tempo de 1h realizada a leitura em espectrofotômetro no comprimento de onda de 882 nm (Olsen et al., 1954).

3.4 Nitrogênio Total e Estoques de Carbono e Nitrogênio no Solo

O N total foi determinado por digestão com ácido sulfúrico e peróxido de hidrogênio, o extrato obtido foi submetido à destilação a vapor (Kjeldahl) com hidróxido de sódio e titulação do coletado foi feito com ácido bórico (Tedesco et al., 1995).

Os estoques de carbono (EC) e de N no solo foram calculados até a profundidade de um metro, multiplicando-se os teores de C ou de N de cada horizonte em uma dada profundidade pelo valor de densidade do solo e a espessura, conforme a fórmula a seguir:

$$EC \text{ (Mg ha}^{-1}\text{)} = (C \times DS \times E) / 10$$

EC (Mg ha⁻¹) = Estoque de carbono.

C (g kg⁻¹) = Conteúdo de carbono.

Ds (kg dm⁻³) = Densidade do solo.

E (cm) = Espessura do horizonte analisado.

3.5 Abundância Natural de ¹³C e Determinação do Carbono ¹⁴C

As amostras de solo foram maceradas em gral de porcelana e passadas por peneira de 100 mesh (150 μm). Neste material foram determinados o carbono total (CT) e a relação isotópica ¹³C/¹²C, segundo metodologia proposta por Nadelhoffer & Fry (1994). Estes procedimentos foram realizados com auxílio de analisador elementar acoplado a espectrômetro de massa.

Para a datação do ^{14}C foram selecionados os horizontes antrópicos Au mais profundos de 3 perfis representativos. Sendo estes nos municípios de Cabixi (P2 Au3), Cerejeiras (P5 Au4) e Pimenteiras do Oeste (P4 AB). Foram selecionados os horizontes mais profundos devido ao fato de que, nos horizontes mais próximos à superfície, a deposição de material vegetal mais recente pode intensificar o erro na determinação da idade real do carbono nesses solos, uma vez que assume-se que a vegetação atual tenha idade atual (zero) (Gouveia; Pessenda & Aravena, 1999).

Para as análises de ^{14}C , o material de solo foi coletado com ferramentas e coletores limpos (livres de quaisquer resíduos orgânicos ou minerais) para evitar contaminação por materiais externos. O contato com as mãos também não é indicado por ser fonte de carbono recente (o carbono da pele é adicionado ao da amostra de solo, mascarando assim os dados da datação do material orgânico do solo, subestimando esses valores) (Gouveia et al., 1999). Logo, para a coleta foram usadas luvas de vinil descartáveis e para processar as amostras foram utilizadas bandejas plásticas novas.

As amostras de terra para a datação de carbono foram retiradas em trincheira e o material foi coletado de baixo para cima e depois colocado em sacos plásticos. Em laboratório foi realizada a catação do carvão presente nas amostra e envio deste para determinação do ^{14}C no Laboratório de Radiocarbono da Universidade Federal Fluminense (LAC-UFF), sendo usado o método de espectrometria com aceleradores de massa (AMS). A partir dos resultados das idades convencionais ou radiocarbônicas foram obtidas as idades calibradas por meio do software OxCall e curva de calibração SHCall113.

3.6. Análises Espectroscópicas

As amostras de solo para a extração dos ácidos húmicos foram coletadas nos horizontes antrópicos mais próximos a superfície (A1) e nos mais profundos (último horizonte A), em cada um dos 3 perfis no sítio no município de Cerejeiras. Não foi estabelecida uma profundidade fixa para a coleta de amostras, uma vez que a espessura dos horizontes A varia entre os perfis (Figura 3), assim apenas a posição no perfil foi fixada.

3.6.1 Extração e purificação do ácido húmico do solo

A extração, o fracionamento, bem como a purificação dos ácidos húmicos (AH) foram realizados segundo metodologia proposta pela IHSS (Swift, 1996), com uma modificação, onde foi realizado um pré-tratamento com HCl 0,1 mol L⁻¹ para a redução do conteúdo de cinzas. Após essa fase, o solo foi submetido a 16 horas de agitação com NaOH 0,1 mol L⁻¹ na proporção de 1:10 (solo: extrator), seguido por centrifugação a 5000 rpm por 10 minutos. Para a separação dos AHs o pH da solução foi reduzido até 1,8 com HCl 6 mol L⁻¹; após essa etapa as amostras foram colocadas na geladeira por uma noite para a precipitação dos ácidos húmicos, o sobrenadante foi removido e os AHs submetidos a centrifugação para separação do AF. As amostras de AH foram lavadas com solução de HCl 1 mol L⁻¹ para eliminar o excesso de sal. Em seguida, esses ácidos húmicos foram purificados com 200 mL de solução aquosa diluída de HF e HCl (0,5%), agitados por 16 horas, centrifugados a 5000 rpm, repetindo-se esse processo duas vezes.

As amostras foram lavadas com água gelada e transferidas para sacolas de celofane. A diálise foi realizada com água deionizada, trocadas duas vezes ao dia até o teste negativo com AgNO₃. Por fim os AHs foram congelados e secos por liofilização.

3.6.2 Espectroscopia na região do ultravioleta-visível (UV-Vis) e coeficiente E4/E6

Os espectros de UV-Vis foram obtidos num espectrofotômetro Zuzi 4418. A faixa espectral examinada foi de 200 a 380 nm para o ultravioleta e de 380 a 600 nm, para a região do visível. Os espectros foram registrados a 25°C com o caminho ótico constante de 1 cm, em

solução de 2 mg de AH diluídos em 10 ml de NaHCO₃ 0,05 mol L⁻¹. Para determinar o coeficiente E4/E6, a densidade ótica obtida em 465 nm foi dividida pela obtida em 665 nm.

3.6.3 Espectroscopia na região do infravermelho (IV)

Os espectros de IV foram obtidos em espectrofotômetro da Universidade Federal do Rio de Janeiro na faixa de 400 cm⁻¹ a 4.000 cm⁻¹, com resolução de 4 cm⁻¹ num aparelho de infravermelho médio, em pastilhas de KBr (2 mg de AH liofilizado + 200 mg de KBr, empregando um morteiro de Ágata). A mistura foi prensada num molde para pastilhas de 13 mm, aplicando-se uma carga de 10Mg com o auxílio de uma prensa hidráulica.

3.6.4 Espectroscopia de ressonância magnética nuclear (RMN) de ¹³C

Para a espectroscopia de RMN de ¹³C, os ácidos húmicos purificados e liofilizados foram analisados em espectrômetro da UFRRJ, pela técnica de RMN em estado sólido. Empregou-se sequência do tipo *power gated decoupled*, com pulso de 45° para ¹³C. O tempo de aquisição foi de 1,09 segundos, mais 1 segundo adicional de tempo de relaxação. Foram acumulados de 20.000 a 40.000 varridos por amostra (12 a 24 horas, aproximadamente).

A partir das áreas dos espectros foram calculadas as intensidades relativas de cada grupo e as porcentagens de alifaticidade e aromaticidade a partir das áreas dos espectros, segundo Stevenson (1994):

$$\text{Alifaticidade (\%)} = \frac{\text{área dos sinais de C alifáticos 0-110 ppm} \times 100\%}{\text{área dos sinais de C 0-160 ppm}}$$

$$\text{Aromaticidade (\%)} = \frac{\text{área dos sinais de C aromáticos 110-160 ppm} \times 100\%}{\text{área dos sinais de C 0-160 ppm}}$$

3.7. Caracterização dos Óxidos pelo Ataque Sulfúrico

O método do ataque sulfurico foi aplicado como pré-tratamento na extração de ferro, alumínio e titânio e posterior extração de sílica no resíduo. Consistiu no tratamento da terra fina (1g) com solução de H₂SO₄ 1:1, fervura durante meia hora sob refluxos e posterior resfriamento e filtragem, após o que foram determinados os teores de ferro, alumínio e titânio, sendo o teor de sílica determinado no resíduo, todos segundo Donagema et al. (2011).

a) Teor de ferro total (Fe₂O₃)

Determinado em alíquota do extrato sulfurico (ajustada a pH 1,5) por meio de titulação com EDTA 0,01N, usando-se como indicador o ácido sulfossalicílico.

b) Teor de alumínio total (Al₂O₃)

Determinado na mesma alíquota em que foi dosado o Fe₂O₃, após correção do pH com acetato de amônio. A dosagem do Al₂O₃ foi feita titulando-se o excesso de EDTA 0,031N, com ZnSO₄ 0,016N e descontando-se o valor do TiO₂ na amostra.

c) Teor de titânio (TiO₂)

Obtido em alíquota do filtrado após tratamento com H₂SO₄ 1:1 e permanganato de potássio. Dosagem feita por colorimetria em espectrofotômetro na faixa de leitura de 430mμ, antecedida da adição de ácido oxálico, ácido fosfórico 1:1 e perhidrol.

d) Teor de sílica (SiO₂)

A sílica foi solubilizada no resíduo do ataque sulfurico com solução de NaOH a 30%, sob fervura branda e refluxo, sendo determinada colorimetricamente após tratamento com solução ácida de molibdato de amônio, ácido ascórbico e ácido fosfórico.

e) Cálculo das relações moleculares SiO₂/Al₂O₃(Ki) e SiO₂/Al₂O₃ + Fe₂O₃ (Kr)

Calculadas pelas equações: Ki = [1,70 . SiO₂(%)]/[Al₂O₃(%)] e

e Kr = [1,70 . SiO₂(%)]/[Al₂O₃ (%) + (0,64 x Fe₂O₃(%))]

3.8. Quantificação de Formas Extraíveis de Óxidos de Ferro

a) Extração com solução de citrato-ditionito-bicarbonato (CBD).

As amostras foram aquecidas em solução complexante tamponada de citrato/bicarbonato, as quais foi adicionado ditionito de sódio em pó como agente redutor. Os teores de ferro foram determinados no extrato pelo AAS, segundo Donagema et al. (2011).

b) Extração com solução de oxalato ácido de amônio.

A extração foi feita com adição de solução de oxalato ácido de amônio em meio ácido, sob agitação e na ausência de luz. A leitura foi feita por espectrofotometria de absorção atômica, de acordo com Donagema et al. (2011).

3.9. Análise Estatística

Para o tratamento estatístico na execução das análises de componentes principais (ACP) a partir dos espectros ^{13}C NMR, foi utilizado o programa The Unscrambler® X 10.3 (Camo Software AS Inc., Oslo, Norway).

Para as análises de ACP a partir da espectroscopia ^{13}C NMR, foram carregadas as regiões de integração correspondentes a cada tipo de carbono (grupos alifáticos (0-40ppm), N-alifáticos e metoxílicos (40-60 ppm), O-alifáticos (60-90 ppm), C-aromáticos (90-110 ppm), O-aromáticos (110-140 ppm), carboxílicos (140-160ppm) e carbonílicos (160-186 ppm)) em função da estrutura do carbono. As regiões onde não houve integração foram assumidas como valor zero e posteriormente foi aplicado a todos os dados a transformação de $\sqrt{(n + 1)}$, onde n representa o valor de integração obtido nos espectros. Sendo então carregados no programa para formar matriz de 24x10 (scores: região de integração/loading: tipo de estrutura do carbono). Seguidamente a matriz foi corrida em análises de ACP, com um máximo de PC=2, utilizando o modelo de validação “Cross validation” e algoritmo NIPALS.

Os gráficos de ACP na espectroscopia ^{13}C NMR foram apresentados na forma de Bi-plot (loadings: scores). Finalmente a quantidade de estruturas aromáticas e alifáticas foi calculada como seu valor em porcentagem a partir da sua localização no gráfico ACP bi-plot.

Para testar a correlação da matéria orgânica com os teores de ferro, foi realizada análise de correlação linear de Pearson entre o carbono total obtido em espectrômetro de massa e os teores de óxidos de ferro extraídos pelo ataque sulfúrico (Fe_2O_3).

Os perfís foram representados graficamente em programa de livre acesso R (The R foundation, 2013) e os plots gerados através do pacote Algorithms for Quantitative Pedology (AQP) desenvolvido por Beaudette et al. (2013).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Atributos Morfológicos e Físicos

Pode-se notar a presença de cores escuras em todos os horizontes antrópicos, sendo que no perfil 1 o horizonte A antrópico se estende até 1,0 m de profundidade (Figura 5). É possível ainda observar grande diferença de coloração entre os perfis P5 e P6 antrópicos e o perfil P7, solo não antrópico.

A cor do solo é um importante indicador de atividades antrópicas e é muito utilizada em estudos arqueológicos, principalmente auxiliando na identificação de feições, delimitação de zonas de preenchimento em feições, identificação de horizontes em sedimentos e até mesmo como apoio para a datação relativa (Woods, 2009). A cor é uma das características mais marcantes das TPIs, como afirmado por Smith (1980), sendo relacionada ao período de ocupação do sítio, quantidade e qualidade da MOS (Kern et al., 2004; Cunha et al., 2009a; Teixeira et al., 2009; Campos et al., 2012; Santos et al., 2013).

Se considerada uma relação entre as profundidades dos subhorizontes Au e intensidade da coloração escura nos perfis e o tempo de ocupação, nos solos avaliados (Figura 5) os sítios correspondentes aos perfis 1 e 2 no município de Cabixi apresentam maior expressão da influência antrópica em relação aos demais sítios (P3 no município de Cabixi, P4 no município de Pimenteiras do Oeste, P5 e P6 sob mesmo sítio no município de Cerejeiras). Porém, P1 e P2 não são necessariamente os mais antigos, como evidenciado pela análise de datação por decaimento radiotivo de ^{14}C (item 4.4). Portanto, outros fatores devem ser considerados nessa relação, alguns deles, possivelmente, relacionados aos hábitos das comunidades que ocuparam essas áreas.

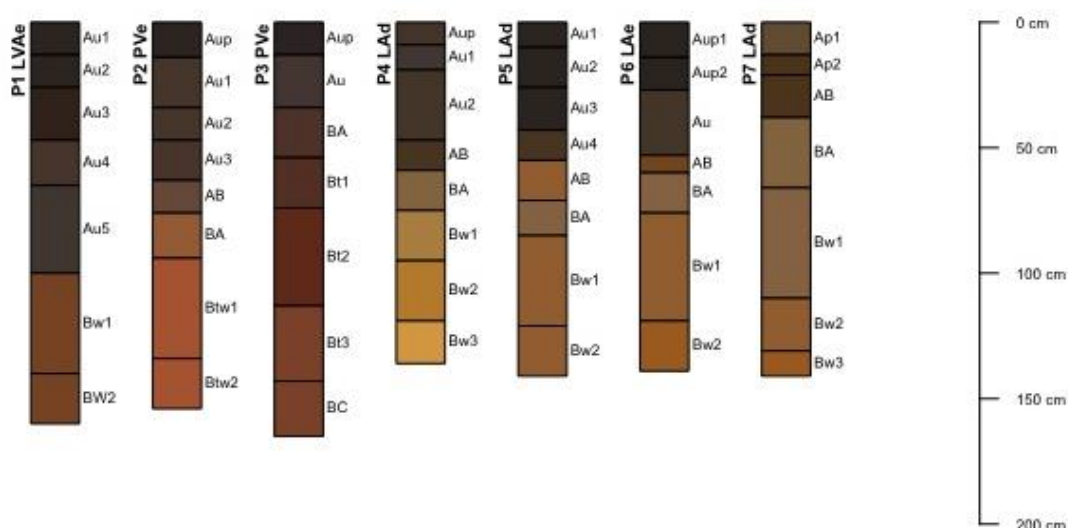


Figura 5 – Representação gráfica pelo pacote “*Algorithms for Quantitative Pedology*” (AQP) dos perfis no sul do estado de Rondônia.

Os horizontes Au apresentaram matizes variáveis entre os perfis, com valores e cromas em condições úmidas inferiores a 3 (Tabela 3). Além disso, em todos os horizontes com influência antrópica (Au) foram observados mosqueados devidos, principalmente, a presença de carvão disperso na matriz e aos fragmentos de cerâmica, estes em alguns casos bastante alterados.

Tabela 3. Atributos morfológicos dos perfis no sul do Estado de Rondônia.

Hor ⁽¹⁾	Prof ⁽²⁾ cm	Transição	Estrutura	Consistência		Plasticidade Pegajosidade
				seca	úmida	
P1 – LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico antrópico						
Aup	0-13	pl. gradual	mo., pq., gr.	macia	m.fri.	n.pl. e n.peg.
Au1	13-26	ond. clara	mo., mp e pq., gr.	macia	m.fri	n.pl. e n.peg.
Au2	26-47	ond. gradual	mo., mp. gr.	macia	m.fri	n.pl. e n.peg.
Au3	47-65	ond., difusa	fr., mp., gr.	solta	solta	n.pl. e n.peg.
Au4	65-100	irr. abrupta	fr., mp., gr.	solta	m. fri	n.pl. e n.peg.
Bw1	100-140	pl., difusa	mo., pq. e me., bsa.	lig. dura	m.fri	n.pl. e n.peg.
Bw2	140-160+	-	mo., pq. e me., bsa.	macia	m.fri	n.pl. e n.peg.
P2 - ARGISSOLO VERMELHO Eutrófico latossólico antrópico						
Aup	0-14	ond. clara	mo., pq e me., gr.	macia	m.fri.	n.pl. e n.peg.
Au1	14-34	ond. clara	mo., pq e me., gr.	macia	m.fri	n.pl. e n.peg.
Au2	34-47	ond. clara	mo., mp., gr.	macia	m.fri	n.pl. e n.peg.
Au3	47-63	pl. clara	mo., mp e pq., gr. e bsa.	macia	m.fri.	n.pl. e n.peg.
AB	63-76	pl. clara	mo., mp e pq., gr. / mo., pq., bsa.	macia	m.fri.	l.pl. e l.peg.
BA	76-94	pl. gradual	mo., pq., bsa.	lig. dura	fri.	pl. e peg.
Bt1	94-134	pl. gradual	mo., pq., bsa.	lig. dura	fri.	pl. e peg.
Bt2	134-154+	-	-	-	-	pl. e peg.
P3 - ARGISSOLO VERMELHO Eutrófico abruptico petroplúntico antrópico						
Aup	0-13	pl., clara	mo., mp e pq., gr. fr., mp e pq., bsa.	lig. dura	m. fri.	l.pl. e l.peg.
Au	13-34	irr., abrupta	mo., mp e pq., gr. mo., pq., bsa	lig. dura	m. fri.	l.pl. e l.peg.
BA	34-54	desc., gradual	mo., mp e pq., gr. mo., pq e med., bsa.	lig. dura a dura	fri. a m.fri.	pl. e peg.
Bt1	54-74	pl., clara	mo. a fo., mp e pq., gr/ fr. a mo., pq e md., bsa	lig. dura	fri. a m.fri.	pl. e peg.
Bt2	74-113	pl., difusa	fo., mp., gr. fr., pq., bsa	macia	fri. a m.fri.	pl. e peg. a m.peg.
Bt3	113-143	pl., abrupta	fo., mp e pq., gr. fr., pq, bsa	macia a lig. dura	fri. a m.fri.	pl. a m.pl. e peg. a m.peg
BC	143-165+	-	fo., mp., gr.	macia	fri. a m.fri.	pl. a m.pl. e peg. a m.peg

⁽¹⁾ Hor= horizonte; ⁽²⁾ Prof= profundidade; ⁽³⁾ pl= plana, ond= ondulada, irr= irregular, desc= descontínua; ⁽⁴⁾ Fr= fraca, mo= moderada, fo= forte, mpq= muito pequena, pq= pequena, me= média, bsa= blocos subangulares, gr= granular; ⁽⁵⁾ lig= ligeiramente, fri= friável, m.fri= muito friável; ⁽⁶⁾ pl= plástica, n.pl= não plástica, peg= pegajosa, npeg= não pegajosa

Tabela 3. Continuação.

Hor ⁽¹⁾	Prof ⁽²⁾ cm	Transição	Estrutura	Consistência		Plasticidade e Pegajosidade
				seca	úmida	
P4 - LATOSSOLO AMARELO Distrófico antrópico						
Aup	0-9	ond., clara	mo., pq., gr.	macia	m.fri.	n.pl e n.peg
Au1	9-19	ond., clara	mo., pq e med., gr.	macia	m.fri.	n.pl e n.peg
Au2	19-47	ond., abrupta	mo., mp e pq., gr./ mo., mp., bsa.	macia	m.fri.	n.pl e n.peg
AB	47-59	ond., clara	mo., pq., bsa.	macia	m.fri.	n.pl e n.peg
BA	59-75	pl., gradual	mo., pq., bsa.	lig. dura	m.fri.	lig. pl. e lig. peg
Bw1	75-95	pl., gradual	mo., pq., bsa.	lig. dura	m.fri.	lig. pl. e lig. peg
Bw2	95-119	pl., difusa	mo., pq., bsa.	lig. dura	m.fri.	lig. pl. e lig. peg
Bw3	119-136+	-	-	-	-	lig. pl. e lig. peg
P5 - LATOSSOLO AMARELO Distrófico antrópico (floresta)						
Au1	0-10	pl., clara	fo., med., gr.	lig. dura	m.fri	lig. pl. e lig. peg
Au2	10-26	pl., clara	fo., med., gr.	lig. dura	m.fri	lig. pl. e lig. peg
Au3	26-43	ond., clara	fo., med., gr.	lig. dura	m.fri	lig. pl. e lig. peg
Au4	43-55	pl., clara	mo., pq., gr.,	lig. dura	m.fri	lig. pl. e lig. peg
AB	55-71	irr., clara	mo., m.pq e pq., gr.	lig. dura	m.fri	lig. pl. e lig. peg
BA	71-85	ond., gradual	mo., pq., bsa.	lig. dura	friável	lig. pl. e lig. peg
Bw1	85-121	pl., difusa	mo., pq., bsa.	lig. dura	friável	lig. pl. e lig. peg
Bw2	121-141+	-	-	lig. dura	friável	lig. pl. e lig. peg
P6 - LATOSSOLO AMARELO Eutrófico antrópico (lavoura)						
Aup1	0-14	pl., clara	fo., mpq., gr., mo., pq., bsa.	lig. dura	friável	lig. pl. e lig. peg
Aup2	14-27	ond., clara	mo., mpq., gr., mo., pq., bsa.	lig. dura	friável	lig. pl. e lig. peg
Au	27-53	ond., clara	mo., mpq. e pq., gr., mo., pq., bsa.	lig. dura	friável	lig. pl. e lig. peg
AB	53-60	pl., gradual	mo., pq., bsa.	lig. dura	friável	lig. pl. e lig. peg
BA	60-76	pl., gradual	mo., pq., bsa.	lig. dura	friável	lig. pl. e lig. peg
Bw1	76-119	pl., difusa	mo., pq., bsa.	lig. dura	friável	lig. pl. e lig. peg
Bw2	119-139+		mo., pq., bsa.	lig. dura	friável	lig. pl. e lig. peg
P7 - LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico (lavoura)						
Ap1	0-13	pl., clara	mo., m.pq., bsa.	lig. dura	friável	lig. pl. e lig. peg
Ap2	13- 21	pl., clara	mo., m.pq., bsa.	lig. dura	friável	lig. pl. e lig. peg
AB	21-38	pl., difusa	mo., m.pq e pq., bsa.	lig. dura	friável	lig. pl. e lig. peg
BA	38 -66	pl., difusa	mo., m.pq e pq., bsa.	lig. dura	friável	pl. e pegajosa
Bw1	66-110	pl., difusa	mo., m.pq e pq., bsa.	lig. dura	friável	pl.e pegajosa
Bw2	110-131	pl., difusa	mo., m.pq., bsa.	lig. dura	friável	pl. e pegajosa
Bw3	131-151+	-	-	lig. dura	friável	pl. e pegajosa

⁽¹⁾ Hor= horizonte; ⁽²⁾ Prof= profundidade; ⁽³⁾ pl= plana, ond= ondulada, irr= irregular, desc= descontinua; ⁽⁴⁾ Fr= fraca, mo= moderada, fo= forte, mpq= muito pequena, pq= pequena, me= média, bsa= blocos subangulares, gr= granular; ⁽⁵⁾ lig= ligeiramente, fri= friável, m.fri= muito friável; ⁽⁶⁾ pl= plástica, n.pl= não plástica, peg= pegajosa, npg= não pegajosa

Com relação aos atributos morfológicos (Tabela 3) podemos observar em todos os perfis antrópicos, transições com formas onduladas, irregulares ou até mesmo descontínuas, principalmente entre os horizontes Au em maior profundidade. As transições planas nos horizontes antrópicos mais superficiais (Aup em P1, P3 e P6) podem ser uma consequência de revolvimentos desses horizontes pelo uso agrícola atual, com pastagens plantadas e pastagens. Em P7, não antrópico e com lavouras anuais, todas as transições dos horizontes são planas. Já na área de mata (P5), as transições planas em Au1 e Au2 podem ser o resultado da ação das raízes e da fauna do solo, principalmente a macro e mesofauna que atuam intensamente na decomposição da serapilheira e homogeneização do solo na superfície. Também se destaca a elevada friabilidade de todos os horizontes superficiais com influência antrópica (Au), se comparados aos horizontes superficiais do perfil P7 (não antrópico).

Em todos os horizontes com influência antrópica (Au) foram observadas estruturas principalmente do tipo granular e com graus de desenvolvimento moderado e forte, evidenciando a forte influência dos organismos e da matéria orgânica nestes horizontes.

Os resultados dos atributos físicos (Tabela 4) indicam variações texturais entre os solos nos sítios estudados. Em todos os perfis antrópicos foram observadas variações entre seus horizontes quanto aos valores de Ds, Dp e de granulometria. Essas variações são coerentes com a formação das TPIs, como resultante de adições de materiais externos (carvões, fragmentos cerâmicos, ossos, entre outros) em quantidades e granulometrias variadas. Além disso, pontos de acúmulo de carvão (carvão disperso), com granulometria correspondente ao tamanho silte ou até mesmo argila, são bastante comuns nesses solos. Em perfis de TPI na Amazônia central, Mendoza (2011) também observou grande variação de atributos físicos.

A granulometria dos perfis mostra diferenças texturais, exceto nos perfis no mesmo sítio (P5, P6 e P7) no município de Cerejeiras, cuja classe textural é franco argilo arenosa na maior parte dos horizontes. Os perfis P1 e P4 tem granulometria predominantemente franco-arenosa, com valores médios de 680 e 684 g.kg⁻¹ de areia total, respectivamente. Esses perfis devem ter maior influência da deposição de sedimentos arenosos na planície do rio Guaporé.

Os perfis P2 e P3 no município de Cabixi são mais argilosos, com texturas variando de franca, nos horizontes superficiais, a argila nos horizontes subsuperficiais, caracterizando assim um gradiente textural. Porém, se discute em que medida esse gradiente deve ser considerado como resultante de um processo pedogenético *in situ* ou devido a adição de materiais e artefatos pela ação antrópica.

Os perfis P5, P6 e P7 no município de Cerejeiras-RO, apresentaram diferenças quanto a densidade de solo, sendo encontrados maiores valores de Ds nos perfis sob área de cultivo intenso (P6 e P7), de 1,27 e 1,20 kg dm⁻³, respectivamente. Os maiores valores de Ds nesses perfis são explicados tanto pelo menor aporte de matéria orgânica, em função do tipo de uso do solo, quanto pela circulação constante de máquinas promovendo a compactação das camadas superiores. Esse efeito é observado tanto no perfil antrópico P6, quanto no perfil de solo adjacente não antrópico (P7), ambos sob o mesmo manejo agrícola.

Em todos os perfis manejados para fins agropecuários notam-se maiores valores de Ds em superfície. Esses resultados podem indicar a compactação do horizonte superficial. Porém, outros estudos e uma amostragem mais intensa são necessários para corroborar essa indicação, pois a presença de materiais heterogêneos (artefatos e carvão) no perfil podem mascarar os resultados de Ds nesses horizontes antrópicos.

Tabela 4 – Atributos físicos dos perfis de solo do sul do estado de Rondônia

Hor ⁽¹⁾	Prof ⁽²⁾ cm	Cor úmida	Areia fina	Areia grossa	Areia total	Silte	Argila	ADA ⁽³⁾	Classe textural	Ds ⁽⁴⁾	Dp ⁽⁵⁾ kg dm ⁻³
----- g kg ⁻¹ -----											
P1 – LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico antrópico											
Aup	0-13	7,5YR 2,5/1	476	278	754	145	101	30	Franco Arenosa	1,22	2,50
Au1	13-26	7,5YR 2,5/1	463	272	735	95	170	29	Franco Arenosa	1,20	2,50
Au2	26-47	7,5YR 2/2	324	406	730	164	106	23	Franco Arenosa	1,36	2,60
Au3	47-65	7,5YR 2,5/2	403	422	825	91	84	25	Areia Franca	1,28	2,60
Au4	65-100	7,5YR 3/1	500	310	810	90	100	39	Areia Franca	1,11	2,60
Bw1	100-140	5YR 4/6	312	191	503	332	165	49	Franca	1,16	2,53
Bw2	140-160+	5YR 4/6	444	235	679	133	188	49	Franco Arenosa	-	2,63
P2 - ARGISSOLO VERMELHO Eutrófico latossólico antrópico											
Aup	0-14	5YR 2,5/1	281	139	420	404	176	68	Franca	0,97	2,35
Au1	14-34	7,5YR 3/2	288	178	466	374	160	110	Franca	0,85	2,50
Au2	34-47	7,5YR 3/2	320	195	515	323	162	75	Franca	0,97	2,47
Au3	47-63	5YR 3/2	299	319	618	251	131	76	Franco Arenosa	1,08	2,47
AB	63-76	5YR 4/3	323	184	507	188	305	230	Franco Argilo Arenosa	1,23	2,63
BA	76-94	5YR 5/6	258	191	449	212	339	246	Franco Argilosa	1,25	2,56
Bt1	94-134	2,5YR 5/8	266	189	455	108	437	295	Argila	-	2,70
Bt2	134-154+	2,5YR 5/8	243	188	431	153	416	270	Argila	-	2,56
P3 - ARGISSOLO VERMELHO Eutrófico abrupto petroplúntico antrópico											
Aup	0-13	2,5YR 2,5/1	238	171	409	367	224	169	Franca	1,02	2,44
Au	13-34	2,5YR 3/1	281	222	503	245	252	148	Franco Argilo Arenosa	1,00	2,47
BA	34-54	2,5YR 3/3	137	104	241	279	480	83	Argila	1,12	2,38
Bt1	54-74	2,5YR 3,5/4	181	143	324	207	469	0	Argila	1,12	2,67
Bt2	74-113	2,5YR 3,5/6	144	130	274	190	536	127	Argila	1,12	2,70
Bt3	113-143	2,5YR 4/6	122	139	261	231	508	0	Argila	1,19	2,67
BC	143-165+	2,5YR 4/6	151	113	264	194	542	0	Argila	-	2,74
P4 - LATOSSOLO AMARELO Distrófico antrópico											
Aup	0-9	10YR 3/2	429	249	678	175	147	50	Franco Arenosa	1,33	2,50
Au1	9-19	10YR 3/1	386	254	640	187	173	6	Franco Arenosa	1,05	2,50
Au2	19-47	10YR 3/2	436	251	687	120	193	53	Franco Arenosa	1,15	2,63
AB	47-59	10YR 3/3	404	291	695	106	199	107	Franco Arenosa	1,25	2,70
BA	59-75	10YR 5/4	426	289	715	128	157	103	Franco Arenosa	1,18	2,70
Bw1	75-95	10YR 6/6	413	251	664	136	200	138	Franco Arenosa	1,21	2,53
Bw2	95-119	10YR 6/8	443	263	706	48	246	102	Franco Argilo Arenosa	1,20	2,70
Bw3	119-136+	10YR 7/8	389	301	690	76	234	63	Franco Argilo Arenosa	-	2,70

⁽¹⁾Hor = horizonte; ⁽²⁾Prof = profundidade; ⁽³⁾ADA= argila dispersa em água; ⁽⁴⁾Ds= densidade do solo; ⁽⁵⁾Dp= desidade da partícula

Tabela 4 – Continuação.

Hor ⁽¹⁾	Prof ⁽²⁾	Cor úmida	Areia fina	Areia grossa	Areia total	Silte	Argila	ADA ⁽³⁾	Classe textural	Ds ⁽⁴⁾	Dp ⁽⁵⁾
	cm		----- g kg ⁻¹ -----								kg dm ⁻³
P5 - LATOSSOLO AMARELO Distrófico antrópico (sob floresta)											
Au1	0-10	7,5YR 2,5/1	419	119	538	225	237	50	Franco Argilo Arenosa	0,70	2,53
Au2	10-26	10YR 2/1	399	143	542	207	251	121	Franco Argilo Arenosa	1,04	2,53
Au3	26-43	10YR 2/1	454	139	593	233	174	21	Franco Argilo Arenosa	1,09	2,53
Au4	43-55	10YR 3/3	454	139	593	140	267	197	Franco Argilo Arenosa	1,14	2,38
AB	55-71	7,5YR 5/6	459	140	599	147	254	180	Franco Argilo Arenosa	1,18	2,63
BA	71-85	7,5YR 5/4	346	168	514	114	372	200	Argila Arenosa	1,10	2,67
Bw1	85-121	7,5YR 5/6	379	148	527	99	374	177	Argila Arenosa	1,14	2,67
Bw2	121-141+	7,5YR 5/6	416	155	571	109	320	47	Franco Argilo Arenosa	1,24	2,74
P6 - LATOSSOLO AMARELO Eutrófico antrópico (sob lavoura)											
Aup1	0-14	10YR 2/1	440	130	570	146	284	112	Franco Argilo Arenosa	1,27	2,50
Aup2	14-27	10YR 2/1	482	138	620	165	215	61	Franco Argilo Arenosa	1,13	2,53
Au	27-53	10YR 3/2	494	132	626	115	259	214	Franco Argilo Arenosa	1,34	2,67
AB	53-60	7,5YR 4/6	428	140	568	143	289	257	Franco Argilo Arenosa	1,36	2,60
BA	60-76	7,5YR 5/4	399	155	554	45	401	285	Argila Arenosa	1,22	2,70
Bw1	76-119	7,5YR 5/6	412	134	546	95	359	108	Franco Argilo Arenosa	1,21	2,60
Bw2	119-139+	7,5YR 5/8	406	138	544	129	327	92	Franco Argilo Arenosa	1,19	2,67
P7 - LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico (sob lavoura)											
Ap1	0-13	10YR 4/3	400	113	513	143	344	113	Franco Argilo Arenosa	1,19	2,56
Ap2	13- 21	10YR 3/4	352	135	487	85	428	201	Argila Arenosa	1,19	2,67
AB	21-38	10YR 3/4	120	277	397	187	416	202	Argila	1,20	2,60
BA	38 -66	10YR 5/4	319	133	452	135	413	86	Argila	1,01	2,60
Bw1	66-110	7,5YR 5/4	332	122	454	93	453	67	Argila	0,99	2,67
Bw2	110-131	7,5YR 5/6	344	110	454	187	359	42	Franco Argilosa	1,03	2,67
Bw3	131-151+	7,5YR 5/8	262	147	409	231	360	7	Franco Argilosa	-	2,63

⁽¹⁾Hor = horizonte; ⁽²⁾Prof = profundidade; ⁽³⁾ADA= argila dispersa em água; ⁽⁴⁾Ds= densidade do solo; ⁽⁵⁾Dp= desidade da partícula

4.2. Caracterização do Complexo Sortivo dos Solos

As análises químicas (Tabelas 5 e 6) evidenciam os elevados teores de cálcio e fósforo nos horizontes antrópicos. Os maiores valores de Ca foram encontrados em P2 e P3, no município de Cabixi, de 22,3 e 23,0 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, respectivamente. Os elevados valores de Ca e P nas TPIs são frequentemente atribuídos a deposição de ossos, espinhas de peixes, cinzas, dejetos humanos, entre outros materiais (Kern et al., 2009). Além disso, outros autores complementam que os teores de Ca são influenciados pelos elevados conteúdos de matéria orgânica de alta estabilidade tais como os fulvatos e humatos, que por apresentarem maior afinidade com o Ca, íon flocculante, favorece o seu acúmulo no solo (Cunha et al., 2009a).

O método de Mehlich-1, utilizado como referência para determinação de fósforo em solos sob climas tropicais, mostrou maiores valores de P em relação ao método de Olsen. Os maiores teores foram encontrados no P1 Au3 (490,0 mg.kg^{-1} pelo extrator Mehlich-1) e (76,8 mg.kg^{-1} pelo método de Olsen). Essa discrepância entre esses dois métodos é devida ao caráter ácido do extrator Mehlich-1, que pode promover a quebra do P ligado a íons Ca favorecendo a quantificação de formas não lábeis de P (Moreira et al., 2009). Desse modo, é importante quantificar o fósforo nas TPIs com outros extratores. Estudos realizados por Kabala et al. (2018), em solos antrópicos da Polônia e nos mesmos perfis desse estudo, indicam o método Mehlich-3 que utiliza as seguintes soluções: CH_3OOH 0,2 mol L^{-1} ; NH_4NO_3 0,25 mol L^{-1} ; NH_4F 0,015 mol L^{-1} ; HNO_3 0,013 mol L^{-1} e EDTA 0,001 mol L^{-1} (Mehlich, 1984), como o mais apropriado para a quantificação dos teores de fósforo.

Os valores de sódio e potássio foram muito baixos nos perfis. Os teores de Na variaram de 0,00 a 0,009 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, com o maior valor no horizonte Aup1 do P2. Já os teores de K variaram de 0,0 a 0,138 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, com maior teor no horizonte Aup1 do P2. Acredita-se que em função da menor valência (+1) e maior mobilidade desses íons no solo, eles sejam mais facilmente perdidos por lixiviação, em função da elevada precipitação na região.

Os valores de pH em água nos horizontes antrópicos (Au) variaram de 5,66 no horizonte Au4 do P5 a 7,92 no horizonte Au4 do P2. Os elevados valores de pH em solos antrópicos são principalmente efeito da adição de materiais carbonáceos provenientes do processo de pirólise, principalmente as cinzas que possuem componentes em grande parte alcalinos como carbonato de cálcio, hidróxidos de cálcio, sulfato de cálcio, sais de ferro e magnésio e carbonatos e hidróxidos de sódio e potássio (Woods, 2009).

Os perfis P1, P2 e P3 apresentaram comportamento semelhante quanto ao pH, com valores elevados tanto nos horizontes superficiais quanto nos subsuperficiais. Ou seja, a adição de materiais ao solo pelos povos pré-colombianos influencia o solum como um todo, não se limitando apenas aos horizontes superficiais. A exceção do P4, com os maiores valores de pH nos horizontes antrópicos e acentuada redução em profundidade, em que os valores de pH variaram de 6,16 em Au1 a 4,83 em Bw3. O que reflete a característica ácida do material de origem e os processos de formação sobre o horizonte Bw, em que as alterações antrópicas na gênese da TPI não foram suficientes para elevar os valores de pH em profundidade.

Quanto aos três perfis em sítio adjacente, mas sob diferentes coberturas e uso no município de Cerejeiras (Tabela 6), os valores de pH foram mais elevados nos horizontes antrópicos em relação ao perfil identificado como não antrópico (P7). Nos horizontes com influência antrópica (Au) os valores de pH variaram de 5,66, no horizonte Au4, a 6,40 em Au1, ambos no P5 sob área de floresta. Já no P7 (não antrópico sob lavoura) nota-se o maior valor de pH no horizonte superficial Ap1 (5,36), pela influência da calagem e outras práticas de manejo da fertilidade do solo, e nos demais horizontes o valor de pH se reduz e apresenta pequena variação (4,69 em Bw2 a 4,94 em Bw1), com valor médio de 4,78, o que caracteriza este solo como fortemente ácido (Freire et al., 2013).

Os perfis antrópicos sob floresta (P5) e sob lavoura (P6) no município de Cerejeiras possuem diferentes distribuições dos valores de pH em profundidade. No P6 os valores de pH

nos horizontes subsuperficiais BA e Bw1 (6,97 e 7,06, respectivamente) superam até mesmo os valores nos horizontes Au. A elevação do pH em profundidade pode ser devida a migração de cinzas no perfil e o seu acúmulo nesses horizontes subsuperficiais. Os distintos resultados entre os perfis P5 e P6, sob mesmo sítio e com variação de cobertura, podem estar relacionados a variações no conteúdo de materiais depositados pelas tribos pré-Colombianas (cinzas, carvão, entre outros), o que é comum em áreas de TPI (Kern et al., 2009).

Em geral, os perfis com horizontes antrópicos apresentaram valores de saturação por bases (V%) superiores a 50%, porém a soma de bases (S) reduz-se em alguns horizontes subsuperficiais em profundidade, chegando a apresentar caráter distrófico em P4 e P5, embora estes também sejam epieutróficos. Essa redução do teor de nutrientes em profundidade no P4 e P5 corrobora a afirmação de que a fertilidade das TPIs não é herdada do material de origem mineral, ou seja, da componente geológica, mas sim da adição de materiais diversos pelas tribos pré-Colombianas e de matéria orgânica nos horizontes superficiais (Au).

A capacidade de troca de cátions (CTC) mostra valores altos nos horizontes Au, com máximos de 27,7 e 27,3 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ nos horizontes Aup dos perfis 3 e 2, respectivamente. Essa elevada quantidade de cargas tem origem na matéria orgânica, haja visto que esses solos além de muito intemperizados são originados de sedimentos clásticos previamente alterados. Nos horizontes subsuperficiais onde os teores de MOS são baixos, a disponibilidade de sítios de adsorção de cátions é basicamente função do tipo de argila. Como podemos observar nos horizontes subsuperficiais de todos os perfis os valores de CTC são condizentes com argilas de baixa atividade do tipo 1:1 e oxi-hidróxidos de ferro e alumínio ($8,97 \text{ cmol}_c \text{kg}^{-1}$). Os índices Ki e Kr (Ítem 4.8, Tabelas 15 e 16) indicam a mineralogia da argila predominantemente caulínica nesses solos, com valores de Ki inferiores a 1,82 e de Kr inferiores a 1,58.

A relação entre a CTC do solo e o conteúdo de carbono orgânico (Corg) dos horizontes superficiais pode ser visualizada na Figura 6. Observa-se em alguns casos, conteúdos aproximados de Corg nos horizontes antrópicos e não antrópicos, porém a CTC é mais elevada nos horizontes antrópicos. Esses maiores valores de CTC em relação aos horizontes não antrópicos estão associados tanto aos valores mais altos de pH nos horizontes antrópicos, que conferem maior quantidade de sítios de adsorção na superfície das argilas e da própria matéria orgânica já que ambos os tipos de colóides apresentam CTC variável, quanto aos diferentes tipos de carbono na composição da matéria orgânica.

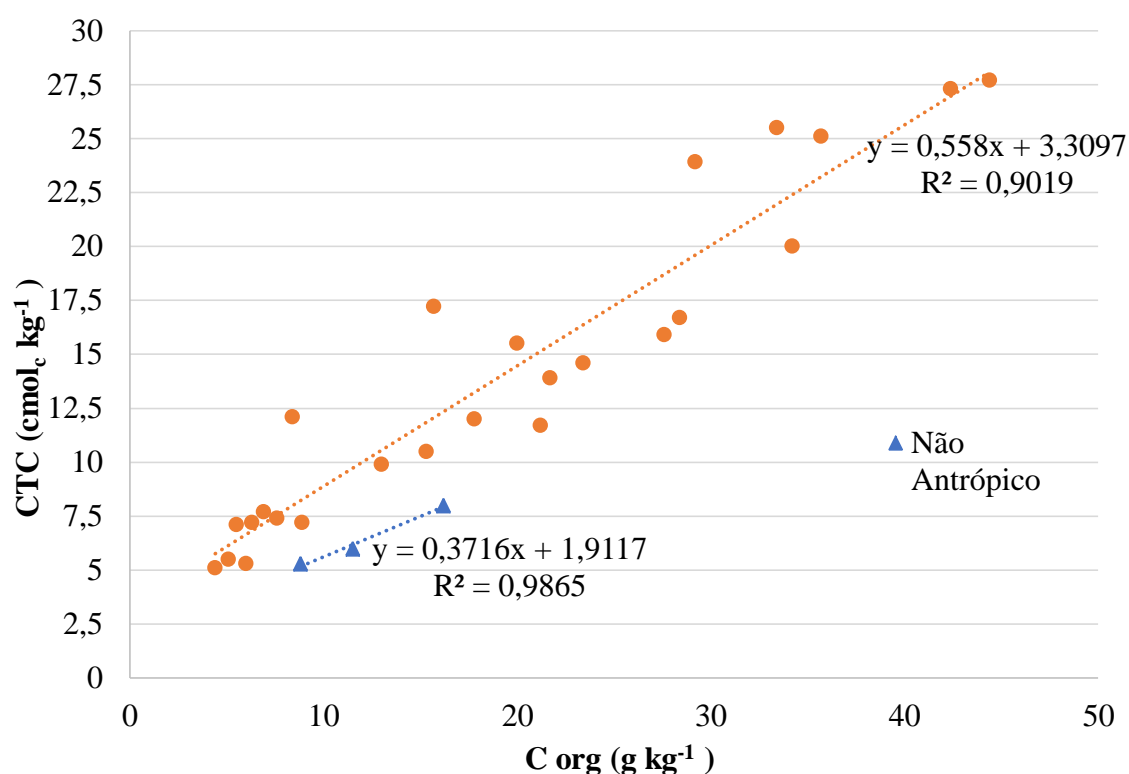


Figura 6 – Dispersão dos valores de CTC e de C orgânico (método da EMBRAPA 2011) dos horizontes antrópicos e não antrópicos.

Para os perfís no município de Cerejeiras (Tabela 6) notam-se os maiores resultados de P, Ca, Mg, S, T e V nos horizontes antrópicos dos perfís 5 e 6, que nos horizontes do P7 (não antrópico). No entanto, os teores de P nos horizontes Au nesse sítio (P5 e P6) foram menores que os dos demais sítios (P1 a P4, P superior a 37 mg kg⁻¹) e quando comparados a maioria dos resultados da literatura sobre TPIs. Nos horizontes do perfil 5, antrópico sob floresta, os teores de P pelo método de Mehlich-1 foram inferiores a 10 mg kg⁻¹. Já no P6, com o mesmo material de origem e relevo, mas sob cultivo com lavouras anuais, foram observados teores de P pouco mais elevados em relação ao P5 (79 mg kg⁻¹ em Aup1), porém esse resultado em Aup1 é também influenciado por adubações fosfatadas, uma vez que os demais horizontes apresentam teores de P inferiores a 26 mg kg⁻¹. Baixos teores de P (P inferiores a 9 mg.dm⁻³) também foram encontrados por Moreira (2007), em sítio de TPI “Terra Baixa” em Manacapuru, no estado do Amazonas.

Os menores teores de fósforo nos perfís P5 e P6 (antrópicos) no município de Cerejeiras podem estar relacionados aos hábitos alimentares, ou ainda a solubilização e carregamento pela água da chuva de compostos de fósforo mais solúveis, tendo em vista que esta área passa por recorrentes ciclos de alagamento e recentemente foram abertos canais de drenagem para solucionar problemas com excesso de umidade. Segundo Teixeira (2012), o fósforo presente em ossos e carcaças (como é o caso das TPIs) retorna ao solo por meio de bactérias fosfolizantes na forma de compostos solúveis que podem ser facilmente carregados pela água da chuva para as partes mais baixas da paisagem.

Quanto aos teores de alumínio, apenas no perfil P7 (não antrópico) observam-se valores ligeiramente maiores (0,3 cmol_c kg⁻¹ em Ap2), embora não expressivos do ponto de vista de limitação ao crescimento de plantas.

Tabela 5 - Atributos químicos dos perfis de solo de TPI (P1, P2, P3 e P4) no sul do estado de Rondônia

Hor ⁽¹⁾	Prof ⁽²⁾ cm	pH H ₂ O	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	Complexo Sortivo ⁽³⁾			S ⁽³⁾	T ⁽⁴⁾	V ⁽⁵⁾ %	P Mehlich ⁽⁶⁾ mg kg ⁻¹	P Olsen mg kg ⁻¹
						K ⁺	Al ³⁺	H ⁺ +Al ³⁺					
P1 – LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico antrópico													
Aup	0-13	6,00	7,0	1,9	0,003	0,056	0,0	2,74	8,96	11,7	77	226	69
Au1	13-26	6,31	8,1	1,7	0,003	0,027	0,0	2,14	9,83	12,0	82	239	59
Au2	26-47	6,70	4,9	1,2	0,006	0,014	0,0	0,94	6,12	7,1	87	434	62
Au3	47-65	6,86	5,6	1,1	0,005	0,013	0,0	0,94	6,72	7,7	88	490	77
Au4	65-100	6,92	5,2	1,1	0,006	0,012	0,0	0,84	6,32	7,2	88	424	71
Bw1	100-140	6,74	3,4	0,7	0,001	0,008	0,0	0,74	4,11	4,9	85	77	37
Bw2	140-160+	6,77	3,1	0,9	0,001	0,000	0,0	0,54	4,00	4,5	88	75	47
P2 - ARGISSOLO VERMELHO Eutrófico latossólico antrópico													
Aup	0-14	6,56	19,9	3,8	0,006	0,138	0,0	3,44	23,84	27,3	87	207	65
Au1	14-34	7,80	22,2	2,6	0,009	0,011	0,0	0,24	24,82	25,1	99	61	54
Au2	34-47	7,89	21,6	2,1	0,007	0,004	0,0	0,14	23,71	23,9	99	68	66
Au3	47-63	7,92	15,0	2,0	0,005	0,003	0,0	0,14	17,01	17,2	99	93	49
AB	63-76	7,94	10,0	1,9	0,004	0,008	0,0	0,14	11,91	12,1	99	134	65
BA	76-94	7,97	8,1	1,8	0,003	0,002	0,0	0,14	9,90	10,0	99	100	36
Bt1	94-134	7,95	7,3	1,2	0,002	0,000	0,0	0,04	8,50	8,5	99	82	36
Bt2	134-154+	7,96	5,1	1,4	0,001	0,000	0,0	0,14	6,50	6,6	98	20	6
P3 - ARGISSOLO VERMELHO Eutrófico abrupto petroplúntico antrópico													
Aup	0-13	7,15	23,0	2,8	0,005	0,053	0,0	1,84	25,86	27,7	93	108	65
Au	13-34	7,52	22,3	2,0	0,007	0,043	0,0	1,14	24,35	25,5	96	188	61
BA	34-54	7,52	11,9	1,5	0,002	0,018	0,0	0,84	13,42	14,3	94	94	29
Bt1	54-74	7,81	10,5	1,0	0,002	0,003	0,0	0,24	11,50	11,7	98	52	12
Bt2	74-113	7,85	7,6	1,6	0,001	0,002	0,0	0,14	9,20	9,3	98	8	4
Bt3	113-143	7,86	6,4	1,3	0,001	0,002	0,0	0,14	7,70	7,8	98	7	3
BC	143-165+	7,89	5,0	1,4	0,001	0,002	0,0	0,04	6,40	6,4	99	4	3
P4 - LATOSSOLO AMARELO Distrófico antrópico													
Aup	0-9	5,91	7,4	3,2	0,004	0,059	0,0	3,94	10,66	14,6	73	102	38
Au1	9-19	6,16	11,2	2,1	0,002	0,005	0,0	3,34	13,31	16,7	80	37	13
Au2	19-47	6,04	4,7	1,7	0,001	0,000	0,0	3,54	6,40	9,9	64	55	17
AB	47-59	5,44	1,6	1,1	0,001	0,000	0,0	2,84	2,70	5,5	50	19	12
BA	59-75	5,04	0,8	0,8	0,001	0,000	0,0	2,64	1,60	4,2	38	15	7
Bw1	75-95	4,88	0,5	0,7	0,001	0,000	0,1	2,24	1,20	3,4	35	9	5
Bw2	95-119	4,84	0,5	0,5	0,001	0,000	0,0	2,04	1,00	3,0	33	2	3
Bw3	119-136+	4,83	0,3	0,6	0,001	0,000	0,0	1,04	0,90	1,9	46	5	2

⁽¹⁾Hor = horizonte; ⁽²⁾Prof = profundidade; ⁽³⁾S = soma de bases trocáveis; ⁽⁴⁾T = CTC; ⁽⁵⁾V = saturação por bases; ⁽⁶⁾P = fósforo pelo método Mehlich; ⁽⁷⁾fósforo pelo método de Olsen

Tabela 6 - Atributos químicos de perfis de solos (P5, P6 e p7) no município de Cerejeiras –RO.

Hor ⁽¹⁾	Prof ⁽²⁾ cm	pH H ₂ O	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	Complexo Sortivo ⁽³⁾			S	T	V ⁽⁴⁾ %	P Mehlich ⁽⁵⁾ mg kg ⁻¹	P Olsen ⁽⁶⁾ g kg ⁻¹
						K ⁺	Al ³⁺	H ⁺ +Al ³⁺					
P5 - LATOSSOLO AMARELO Distrófico antrópico (sob floresta)													
Au1	0-10	6,40	13,6	4,4	0,001	0,018	0,0	1,94	18,02	20,0	90	8	5
Au2	10-26	6,21	8,4	3,3	0,001	0,002	0,0	2,24	11,70	13,9	84	6	4
Au3	26-43	5,91	5,0	2,3	0,001	0,000	0,0	3,24	7,30	10,5	69	10	4
Au4	43-55	5,66	2,3	2,2	0,001	0,000	0,0	2,74	4,50	7,2	62	6	5
AB	55-71	5,35	1,5	1,3	0,001	0,000	0,0	2,54	2,80	5,3	52	4	3
BA	71-85	5,18	0,6	1,4	0,000	0,000	0,0	1,84	2,00	3,8	52	2	5
Bw1	85-121	4,98	0,6	0,8	0,000	0,000	0,1	1,64	1,40	3,0	46	2	4
Bw2	121-141+	4,97	0,3	0,7	0,000	0,000	0,0	1,54	1,00	2,5	39	2	3
P6 - LATOSSOLO AMARELO Eutrófico antrópico (sob lavoura)													
Aup1	0-14	5,99	9,2	2,8	0,002	0,036	0,0	3,84	12,04	15,9	76	79	36
Aup2	14-27	6,27	10,4	2,3	0,001	0,008	0,0	2,74	12,71	15,5	82	23	16
Au	27-53	6,02	4,0	1,3	0,001	0,000	0,0	2,14	5,30	7,4	71	26	14
AB	53-60	6,78	3,2	1,2	0,001	0,000	0,0	0,74	4,40	5,1	86	12	9
BA	60-76	6,97	2,6	1,0	0,001	0,000	0,0	0,44	3,60	4,0	89	3	3
Bw1	76-119	7,06	2,1	1,0	0,001	0,000	0,0	0,44	3,10	3,5	88	2	2
Bw2	119-139+	5,14	1,0	0,7	0,000	0,000	0,0	0,64	1,70	2,3	73	2	3
P7 - LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico (sob lavoura)													
Ap1	0-13	5,36	2,8	1,3	0,001	0,028	0,0	3,94	4,13	8,0	51	10	3
Ap2	13- 21	4,80	1,3	0,4	0,001	0,008	0,3	4,24	1,71	6,0	29	3	3
AB	21-38	4,72	0,8	0,7	0,001	0,005	0,2	3,74	1,51	5,3	29	2	3
BA	38 -66	4,76	1,0	0,4	0,001	0,003	0,0	2,64	1,40	4,0	35	2	3
Bw1	66-110	4,94	0,6	0,6	0,000	0,000	0,0	1,64	1,20	2,8	42	1	2
Bw2	110-131	4,69	0,8	0,3	0,000	0,000	0,0	1,34	1,10	2,4	45	1	2
Bw3	131-151+	4,78	0,4	0,6	0,000	0,000	0,0	1,24	1,00	2,2	45	1	2

⁽¹⁾Hor = horizonte; ⁽²⁾Prof = profundidade; ⁽³⁾S = soma de bases trocáveis; ⁽⁴⁾T = CTC ; ⁽⁵⁾V = saturação por bases; ⁽⁶⁾P = fósforo extraível pelo método Mehlich; ⁽⁷⁾ fósforo pelo método de Olsen.

4.3. Carbono e Nitrogênio Total e Estoques de C e N

Os valores máximos de carbono (Tabela 7) nos horizontes antrópicos chegaram a 57,3 g kg⁻¹ (método de Yeomans e Bremner, 1988) no horizonte Aup do perfil 3. De maneira geral, esses teores de carbono observados nos horizontes antrópicos são considerados elevados em relação aos demais solos de terra firme (não antrópicos), sob as mesmas condições climáticas na Amazônia. Segundo Liang et al. (2010), o carbono pirogênico influencia a transformação do carbono não pirogênico em compostos de elevada estabilidade, o que contribui para os elevados teores de matéria orgânica nos horizontes antrópicos. Embora o carbono pirogênico favoreça a estabilização e acúmulo do carbono não pirogênico no solo, os mecanismos envolvidos nesses processos ainda não estão claramente definidos, carecendo de mais estudos (Liang et al., 2010).

Tabela 7. Carbono (C) por diferentes métodos, nitrogênio (N) e relação C:N dos perfís estudados no estado de Rondônia.

Hor ⁽¹⁾	Prof ⁽²⁾ cm	C Embrapa ⁽³⁾	C Y&B ⁽⁴⁾	C CHN ⁽⁵⁾	N ⁽⁶⁾	C/N ⁽⁷⁾
		g.kg ⁻¹				
P1 – LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico antrópico						
Aup	0-13	21,2	24,0	24,2	2,03	12
Au1	13-26	17,8	20,7	20,8	1,93	11
Au2	26-47	5,5	6,8	7,0	0,46	15
Au3	47-65	6,9	10,0	9,2	0,56	17
Au4	65-100	6,3	7,5	7,2	0,46	16
Bw1	100-140	1,1	2,5	1,9	0,21	9
Bw2	140-160+	1,4	2,0	1,6	0,60	3
P2 - ARGISSOLO VERMELHO Eutrófico latossólico antrópico						
Aup	0-14	42,4	50,5	49,2	3,85	13
Au1	14-34	35,7	39,9	52,0	2,07	25
Au2	34-47	29,2	34,0	46,4	1,68	28
Au3	47-63	15,7	19,4	24,3	1,12	22
AB	63-76	8,4	10,9	11,9	0,84	14
BA	76-94	6,5	7,8	8,4	0,46	19
Bt1	94-134	3,8	5,6	5,9	0,42	14
Bt2	134-154+	2,6	4,4	3,8	0,32	12
P3 - ARGISSOLO VERMELHO Eutrófico abrupto petroplúntico antrópico						
Aup	0-13	44,4	57,3	53,6	5,04	11
Au2	13-34	33,4	40,0	39,5	2,21	18
BA	34-54	12,0	17,1	15,9	1,05	15
Bt1	54-74	8,8	12,2	11,5	0,84	14
Bt2	74-113	7,2	10,1	9,3	0,60	16
Bt3	113-143	6,4	9,2	7,7	0,56	14
BC	143-165+	4,5	7,2	6,2	0,46	14
P4 - LATOSSOLO AMARELO Distrófico antrópico						
Aup	0-9	23,4	32,2	34,4	2,98	12
Au1	9-19	28,4	35,8	36,0	3,22	11
Au2	19-47	13,0	15,9	16,6	1,82	9
AB	47-59	5,1	6,3	6,8	0,60	11
BA	59-75	4,0	4,1	4,6	0,46	10
Bw1	75-95	2,8	3,5	3,6	0,28	13
Bw2	95-119	2,3	2,7	3,2	0,32	10
Bw3	119-136+	1,4	1,9	2,2	0,21	11

⁽¹⁾Hor = horizonte; ⁽²⁾Prof = profundidade; ⁽³⁾C EMBRAPA = carbono por EMBRAPA 1997; ⁽⁴⁾C Y&B = carbono por Yeomans & Bremner 1988; ⁽⁵⁾C CHN = carbono em espectrômetro de massa; ⁽⁶⁾Nitrogênio total; ⁽⁷⁾C:N = Relação Carbono (C CHN) / nitrogênio (N).

Nos perfis 5 e 6 (antrópicos) as quantidades de C org (Tabela 8) são aproximadamente o dobro nos horizontes antrópicos mais superficiais em relação aos horizontes não antrópicos do perfil 7. Entre esses três perfis os maiores valores foram observados no P5, antrópico sob cobertura florestal, com 34,24 g Corg kg⁻¹ (método Embrapa) no horizonte Au1. Apesar dos solos antrópicos apresentarem matéria orgânica de elevada estabilidade, a utilização dessas terras como área de cultivo com lavouras anuais pode ter reduzido o conteúdo de carbono, ou mesmo o menor aporte de matéria orgânica no sistema de cultivo adotado pode ter levado ao menor teor de Corg no P6.

Tabela 8. Carbono (C) por diferentes métodos, nitrogênio (N) e relação C:N dos perfis (P5, P6 e P7) no município de Cerejeiras-RO.

Hor ⁽¹⁾	Prof ⁽²⁾ cm	Corg. Embrapa ⁽³⁾	Corg. Y&B ⁽⁴⁾	CT CHN ⁽⁵⁾	N ⁽⁶⁾	C/N ⁽⁷⁾
----- g.kg ⁻¹ -----						
P5 - LATOSSOLO AMARELO Distrófico antrópico (TPI sob floresta)						
Au1	0-10	34,2	40,5	41,3	4,10	10
Au2	10-26	21,7	26,8	25,5	2,35	11
Au3	26-43	15,3	16,4	18,0	1,05	17
Au4	43-55	8,9	11,7	10,2	0,67	15
AB	55-71	6,0	9,4	7,7	0,56	14
BA	71-85	2,6	6,7	5,4	0,42	13
Bw1	85-121	3,4	4,4	4,4	0,35	13
Bw2	121-141+	2,6	5,2	3,7	0,25	15
P6 LATOSSOLO AMARELO Eutrófico antrópico (TPI sob lavoura)						
Aup1	0-14	27,6	35,7	34,7	2,52	14
Aup2	14-27	20,0	23,5	24,6	2,07	12
Au	27-53	7,6	10,7	9,6	0,77	13
AB	53-60	4,4	7,6	6,7	0,74	9
BA	60-76	3,3	5,1	4,6	0,56	8
Bw1	76-119	2,5	4,3	3,6	0,18	21
Bw2	119-139+	2,2	3,7	2,8	0,07	40
P7 - LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico (Não TPI sob lavoura)						
Ap1	0-13	16,2	19,2	19,9	1,68	12
Ap2	13- 21	11,5	16,1	15,5	1,09	14
AB	21-38	8,8	10,3	11,6	0,63	18
BA	38 -66	6,0	8,3	7,8	0,63	12
Bw1	66-110	4,3	7,7	5,8	0,35	17
Bw2	110-131	3,6	6,2	5,0	0,11	47
Bw3	131-151+	2,7	4,4	3,7	0,14	26

⁽¹⁾Hor = horizonte; ⁽²⁾Prof = profundidade; ⁽³⁾C EMBRAPA = carbono por EMBRAPA 1997; ⁽⁴⁾C Y&B = carbono por Yeomans & Bremner 1988; ⁽⁵⁾C CHN = carbono em espectrômetro de massa; ⁽⁶⁾ Nitrogênio total; ⁽⁷⁾C:N = Relação Carbono (C CHN) / nitrogênio (N).

Comparando os valores de C quantificados pelos três métodos (Tabelas 7 e 8) observa-se maior similaridade entre os resultados obtidos pela quantificação via úmida segundo Yeomans & Bremner (1988) (Y&B) e o método de combustão em espectrômetro de massa (CHN). Já o método proposto por EMBRAPA (1997) apresentou valores de C sempre inferiores em relação aos outros dois, mesmo no perfil 7, de origem não antrópica e nos horizontes subsuperficiais. Assim, é importante estabelecer um método de referência para a determinação de carbono nos horizontes antrópicos e para identificar o horizonte diagnóstico antrópico.

Os resultados de estoques de carbono (Tabelas 9 e 10) apresentaram variações entre os métodos de quantificação empregados (Figura 7). O carbono obtido pelo método de combustão a seco, em espectrômetro de massas (CHN) é normalmente o mais usado para determinar o estoque de carbono no solo e compreende o estoque de carbono total (CT). Já os métodos de quantificação de carbono por combustão via úmida (Yeomans & Bremner 1988 (Y&B); Walkley e Black (W&B) modificado por EMBRAPA (1997) correspondem aos estoques de carbono orgânico (CO) (Santos et al., 2008).

Nos perfís com horizontes antrópicos os estoques de CT (CHN) em 100 cm variam de 140,2 Mg ha⁻¹ em P1 a 298,2 Mg ha⁻¹ em P2. Esses menores valores de estoque de CT no P1 estão principalmente relacionados a sua textura arenosa. A textura do solo é considerada um dos atributos determinantes da capacidade dos solos em estocar carbono, uma vez que se relaciona diretamente com os mecanismos de preservação da MOS. Além disso, a profundidade total dos horizontes com influência antrópica (Au), comumente relacionada ao período de ocupação pelas tribos pré-colombianas, exerce grande influência nos estoques de carbono desses solos, visto que estes horizontes apresentam maiores conteúdos de carbono.

Nos perfís localizados no município de Cerejeiras (P5, P6 e P7), foram observados valores de estoques de CT aproximadamente 50% maiores nos perfís antrópicos (P5 e P6) em relação ao solo adjacente (P7) não antrópico. Esses resultados corroboram com diversos autores quanto aos maiores estoques de carbonos nas TPIs, frequentemente justificados pela presença de carbono pirogênico que leva a formação de compostos orgânicos mais estáveis e, portanto, maior preservação de carbono no solo (Lima, 2001; Soares, 2007; Madari et al., 2009; Mendoza, 2011).

Os estoques de nitrogênio nos solos antrópicos variaram de 10,6 Mg ha⁻¹ no P1 a 17,3 Mg ha⁻¹ no P3 nos primeiros 100 cm de solo. Maiores estoques de nitrogênio são comumente encontrados em solos com maiores conteúdos de matéria orgânica, já que o N é também componente da MOS e apresenta dinâmica intimamente associada a do C (Nunes et al., 2011).

Nos perfís do município de Cerejeiras observa-se maior estoque de N na área correspondente a solo antrópico sob cultivo (P5) com 12,5 Mg ha⁻¹, seguida pela área de solo antrópico sob floresta (P5) com 11,9 Mg ha⁻¹. Apesar da diferença muito pequena entre esses dois valores, o maior estoque de N na área de cultivo pode ser devido as adubações nitrogenadas (com aporte de N) e a rápida utilização do N pelos microorganismos do solo na área de floresta (reduzindo o teor de N). No perfil não antrópico em área de cultivo (P7) o valor de estoque de nitrogênio foi de 7,7 Mg ha⁻¹. O menor estoque de N no P7 em relação aos perfís antrópicos está relacionado aos menores teores de MOS, ainda que haja aporte de N pela adubação.

Tabela 9. Estoques de carbono por diferentes métodos e estoques de nitrogênio (N) nos perfís (P1 a P4) no estado de Rondônia.

Hor ⁽¹⁾	Prof ⁽²⁾ cm	Ds ⁽³⁾ g cm ⁻³	Estoque C CHN ⁽⁴⁾ ----- Mg ha ⁻¹ -----	Estoque C Y&B ⁽⁵⁾	Estoque C W&B ⁽⁶⁾	Estoque N ⁽⁷⁾
P1 – LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico antrópico						
Aup	0-13	1,2	38,4	38,1	33,6	3,2
Au1	13-26	1,2	32,5	32,3	27,8	3,0
Au2	26-47	1,4	20,0	19,4	15,8	1,3
Au3	47-65	1,3	21,3	22,9	15,9	1,3
Au4	65-100	1,1	28,0	29,2	24,7	1,8
Total	-	-	140,2	141,9	117,8	10,6
P2 - ARGISSOLO VERMELHO Eutrófico latossólico antrópico						
Aup	0-14	1,0	66,8	68,6	57,6	5,2
Au1	14-34	0,9	88,3	67,8	60,8	3,5
Au2	34-47	1,0	58,6	42,9	36,9	2,1
Au3	47-63	1,1	42,0	33,6	27,2	1,9
AB	63-76	1,2	19,1	17,4	13,4	1,3
BA	76-94	1,3	19,0	17,5	14,6	1,0
Bt1	94-100	1,3	4,4	4,2	2,8	0,3
Total	-	-	298,2	252,1	213,4	15,5
P3 - ARGISSOLO VERMELHO Eutrófico abruptico petroplúntico antrópico						
Aup	0-13	1,0	71,1	76,0	58,9	6,7
Au	13-34	1,0	82,9	84,0	70,2	4,6
BA	34-54	1,1	35,6	38,3	26,9	2,4
Bt1	54-74	1,1	25,7	27,4	19,6	1,9
Bt2	74-100	1,1	27,1	29,3	21,1	1,7
Total	-	-	242,4	255,0	196,7	17,3
P4 - LATOSSOLO AMARELO Distrófico antrópico						
Aup	0-9	1,3	41,2	38,6	28,1	3,6
Au1	9-19	1,1	37,8	37,6	29,8	3,4
Au2	19-47	1,2	53,3	51,1	41,9	5,9
AB	47-59	1,3	10,1	9,4	7,6	0,9
BA	59-75	1,2	8,7	7,7	7,5	0,9
Bw1	75-95	1,2	8,8	8,5	6,9	0,7
Bw2	95-100	1,2	1,9	1,6	1,4	0,2
Total	-	-	161,7	154,5	123,2	15,4

⁽¹⁾Hor = horizonte; ⁽²⁾Prof = profundidade; ⁽³⁾Ds= densidade do solo; ⁽⁴⁾CHN = estoque de carbono obtidos por combustão a seco em espectrômetro de massa; ⁽⁵⁾ Y&B = Estoques de carbono obtidos pelo método de Yeomans & Bremner 1988; ⁽⁶⁾ W&B = estoques de carbono a partir de resultados de carbono segundo metodologia de Walkley&Black modificado por EMBRAPA 1997; ⁽⁷⁾ Estoques de nitrogênio.

Tabela 10. Estoques de carbono por diferentes métodos e estoques de nitrogênio (N) dos perfis (P5, P6 e P7) no município de Cerejeiras - RO.

Hor ⁽¹⁾	Prof ⁽²⁾ cm	Ds ⁽³⁾	Estoque C CHN ⁽⁴⁾	Estoque C Y&B ⁽⁵⁾	Estoque C W&B ⁽⁶⁾	Estoque N ⁽⁷⁾
		g cm ⁻³	----- Mg ha ⁻¹ -----			
P5 - LATOSSOLO AMARELO Distrófico antrópico (sob floresta)						
Au1	0-10	0,7	28,9	28,4	24,0	2,9
Au2	10-26	1,0	42,4	44,6	36,1	3,9
Au3	26-43	1,1	33,4	30,3	28,3	1,9
Au4	43-55	1,1	14,0	16,0	12,1	0,9
AB	55-71	1,2	14,6	17,7	11,4	1,1
BA	71-85	1,1	8,4	10,3	3,9	0,6
Bw1	85-100	1,1	7,6	7,6	5,9	0,6
Total	-	-	149,2	154,9	121,7	11,9
P6 - LATOSSOLO AMARELO Eutrófico antrópico (sob lavoura)						
Aup1	0-14	1,27	61,6	63,6	49,0	4,5
Aup2	14-27	1,13	36,2	34,5	29,4	3,0
Au	27-53	1,34	33,5	37,3	26,4	2,7
AB	53-60	1,36	6,3	7,3	4,2	0,7
BA	60-76	1,22	9,0	10,0	6,5	1,1
Bw1	76-100	1,21	10,5	12,6	7,2	0,5
Total	-	-	157,2	165,2	122,7	12,5
P7 - LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico (sob lavoura)						
Ap1	0-13	1,1	28,5	27,52	23,2	2,4
Ap2	13-21	1,2	14,8	15,34	11,0	1,0
AB	21-38	1,2	23,6	21,03	17,9	1,3
BA	38-66	1,0	22,2	23,34	16,9	1,8
Bw1	66-100	1,0	19,5	26,0	14,6	1,2
Total	-	-	108,5	113,3	83,5	7,7

⁽¹⁾Hor = horizonte; ⁽²⁾Prof = profundidade; ⁽³⁾Ds= densidade do solo; ⁽⁴⁾CHN = estoque de carbono obtidos por combustão a seco em espectrômetro de massa; ⁽⁵⁾ Y&B = Estoques de carbono obtidos pelo método de Yeomans & Bremner 1988; ⁽⁶⁾ W&B = estoques de carbono a partir de resultados de carbono segundo metodologia de Walkley&Black modificado por EMBRAPA 1997; ⁽⁷⁾ Estoques de nitrogênio.

As variações no estoque de C são também ilustradas na Figura 7, em que além dos menores valores pelo método W & B (Walkley & Black modificado por EMBRAPA, 1997) em todos os perfis, é evidenciada a diferença entre os perfis P1, P2 e P3, todos antrópicos, porém o primeiro com maiores valores de areia total (Tabela 3) em superfície.

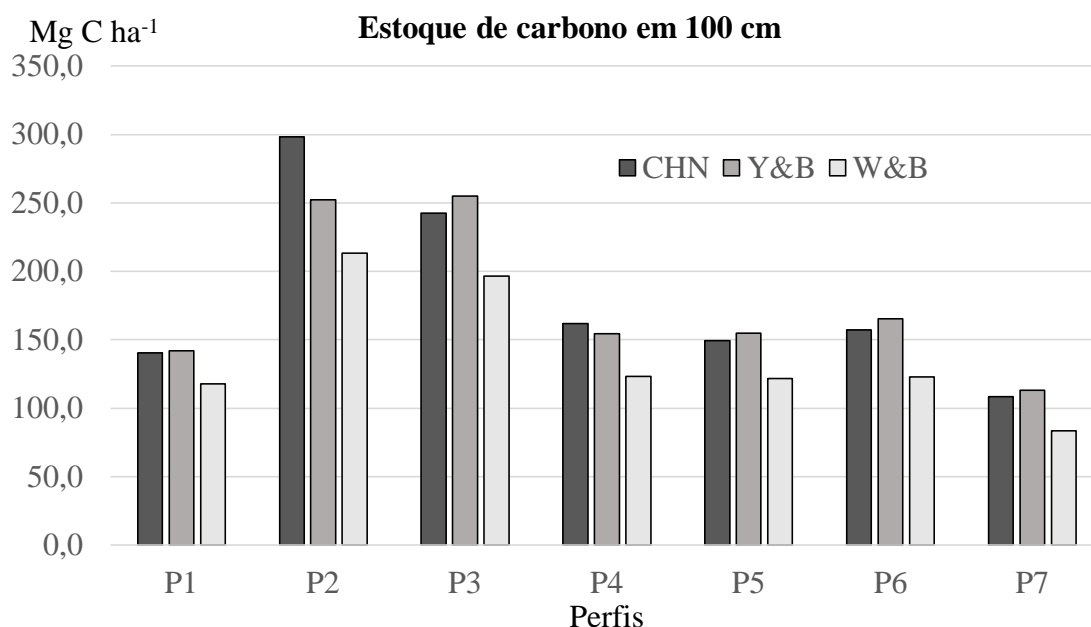


Figura 7. Estoques de carbono de perfis antrópicos (P1 a P6) e não antrópico (P7) no Sul do estado de Rondônia.

CHN= valores de carbono pela combustão via seca; Y&B= valores de carbono Yeomans & Bremner 1988; W&B= valores de carbono pelo método de Walkley & Black modificado por EMBRAPA, 1997.

4.4. Variação Isotópica de $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ e Datação do Carvão por Decaimento Radioativo de ^{14}C

Os resultados da variação isotópica $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ($\delta^{13}\text{C}$) (Tabela 11) nos perfis com horizonte antrópico sob pastagem variaram de $-25,8$ a $-20,8$ ‰. Esses resultados mostram carbonos de origens mistas entre plantas C3 e C4 cujos valores de referência variam de -35 a -22 ‰ em plantas de ciclo C3 e de -16 a -9 ‰ em plantas de ciclo metabólico C4 (Pessenda et al., 2004).

Apesar do uso dessas áreas com gramíneas (*Urochloa decumbens* em P1 e P4; e *Urochloa brizantha* no P2 e P3), ou seja, plantas de ciclo metabólico C4, por período superior a 20 anos, os horizontes antrópicos apresentaram predomínio de $\delta^{13}\text{C}$ oriundo de plantas de ciclo metabólico tipo C3, o que evidencia a herança da cobertura anterior do solo por florestas. Resta saber se esses resultados estão relacionados à atributos especiais das TPI's, que lhes conferem maior resistência e assim preservam o conteúdo de $\delta^{13}\text{C}$ devido ao carbono pirogênico, ou se o tempo de uso com gramíneas C4 ainda não foi suficiente para mudar a relação $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ($\delta^{13}\text{C}$).

Com relação aos perfis coletados no município de Cerejeiras (P5, P6 e P7) os valores de $\delta^{13}\text{C}$ foram bastante próximos apesar das diferentes origens (P5 e P6 de origem antrópica, P7 não-antrópica) e coberturas (P5 sob floresta, P6 e P7 sob plantio de soja e milho em sucessão). Essa similaridade se deve em função tanto da idade de implementação recente do manejo com plantio direto, apenas 7 anos, como também a presença da soja (planta de ciclo C3) como principal cultura na sucessão.

Podemos observar nos perfis P2, P4, P5, P6 e P7 que os resultados de $\delta^{13}\text{C}$ em profundidade tendem a se aproximar dos valores referentes ao das gramíneas. Esse aumento dos valores de $\delta^{13}\text{C}$ em profundidade são indícios de mudanças de vegetação que ocorreram no passado. Neste caso, composta predominantemente por plantas de ciclo C4, provavelmente vegetação de campo ou cerrado que foi posteriormente substituída pela floresta característica do bioma Amazônia, com predomínio de plantas C3.

Tabela 11. Abundância de $\delta^{13}\text{C}$ dos perfis P1 a P6 (antrópicos) e P7 (não antrópico) no estado de Rondônia.

Horizonte	Profundidade cm	⁽¹⁾$\delta^{13}\text{C}$ ‰	Horizonte	Profundidade cm	⁽¹⁾$\delta^{13}\text{C}$ ‰
P1 – Cabixi (pastagem)			P5 - Cerejeiras (Antrópico - floresta)		
Aup	0-13	-20,8	Au1	0-10	-26,0
Au1	13-26	-24,4	Au2	10-26	-25,2
Au2	26-47	-23,8	Au3	26-43	-23,5
Au3	47-65	-24,0	Au4	43-55	-23,8
Au4	65-100	-24,2	AB	55-71	-23,7
Bw1	100-140	-23,3	BA	71-85	-24,3
Bw2	140-160+	-23,0	Bw1	85-121	-24,3
P2– Cabixi (pastagem)			Bw2	121-141+	-24,0
Aup	0-14	-22,3	P6 - Cerejeiras (Antrópico - lavoura)		
Au1	14-34	-24,1	Aup1	0-14	-24,9
Au2	34-47	-24,0	Aup2	14-27	-24,7
Au3	47-63	-24,4	Au	27-53	-24,6
AB	63-76	-24,1	AB	53-60	-24,4
BA	76-94	-24,0	BA	60-76	-24,0
Bt1	94-134	-23,0	Bw1	76-119	-23,5
Bt2	134-154+	-22,4	Bw2	119-139+	-22,7
P3 – Cabixi (pastagem)			P7 - Cerejeiras (Não antrópico - lavoura)		
Aup	0-13	-22,0	Ap1	0-13	-25,5
Au	13-34	-24,1	Ap2	13- 21	-26,5
BA	34-54	-25,2	AB	21-38	-26,1
Bt1	54-74	-25,2	BA	38 -66	-25,3
Bt2	74-113	-25,4	Bw1	66-110	-24,5
Bt3	113-143	-25,1	Bw2	110-131	-24,1
BC	143-165+	-24,3	Bw3	131-151+	-23,0
P4 – Pimenteiras do Oeste (pastagem)			⁽¹⁾ $\delta^{13}\text{C}$ = razão isotópica $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$		
Aup	0-9	-23,4			
Au1	9-19	-25,8			
Au2	19-47	-24,2			
AB	47-59	-23,4			
BA	59-75	-23,6			
Bw1	75-95	-23,5			
Bw2	95-119	-23,3			
Bw3	119-136+	-22,0			

Os resultados de datação de fragmentos de carvão dos perfis P2, P4 e P5, respectivamente nos municípios de Cabixi, Pimenteiras do Oeste e Cerejeiras (Tabela 12) mostram idades próximas entre os sítios. A diferença entre a maior e menor idades observadas foi de 290 anos. Os fragmentos de carvão mais antigos foram encontrados no P5 localizado no município de Cerejeiras com idade calibrada de aproximadamente 1230 anos antes do presente (AP= antes de 1950) e incerteza de 60 anos para mais ou para menos. O segundo mais antigo foram os fragmentos de carvão do P4, em Pimenteiras do Oeste, com idade aproximada de 1170 anos AP e margem de erro de ± 20 anos. Por último, os do P2 em Cabixi, com idade aproximada de 940 anos AP e incerteza de mais ou menos 40 anos. Este resultado

é tomado como base para os demais sítios no município de Cabixi (P1 e P3), provavelmente tão antigos quanto P2.

Dentre as teorias de povoamento do continente Sul Americano, uma das mais vinculadas em literatura aponta como rota de entrada de antigas populações no Brasil a da Bacia Amazônica, por meio de rios da parte Norte do Brasil e da região conhecida como Baixo Amazonas (Bueno & Dias, 2015), na qual se insere a área de estudo em Rondônia. Dentre os rios apontados por Bueno & Dias (2015) estão: Purus e Juruá no estado do Acre e o Madeira no estado de Rondônia. Tendo em vista que o rio Madeira tem por afluente o rio Guaporé e a proximidade deste rio às áreas estudadas, pode-se levantar a hipótese da provável utilização desse rio como principal rota de acesso e ocupação das áreas no Sul do estado de Rondônia pelas tribos pré-Colombianas, que foram responsáveis pela formação das TPIs nessa região.

Apesar das maiores idades das datações de carvão nos municípios de Cerejeiras (1230 ± 60 anos AP) e Pimenteiras do Oeste (1170 ± 20 anos AP) serem indícios de que a ocupação tenha ocorrido possivelmente rio acima em direção ao município de Cabixi (940 ± 40 anos AP) e talvez até o estado de Mato Grosso, onde se encontra a nascente do Rio Guaporé, mais estudos são necessários. No entanto, outro argumento pode servir de suporte a esta teoria, como por exemplo, o relevo montanhoso em território Boliviano, que dificultaria o acesso à região estudada no sul do estado de Rondônia. Ainda, as condições favoráveis à navegação do rio Guaporé, que diferente do Rio Madeira apresenta águas calmas e limpas (não barrentas), livres de impedimentos como cachoeiras e correntezas.

Tabela 12. Datação de fragmentos de carvão em horizontes antrópicos no estado de Rondônia pela técnica de decaimento radioativo de ¹⁴C com uso de aceleradores de massa.

Amostra	Horizonte	Profundidade (cm)	Idade convencional (AP) ⁽¹⁾	Idade calibrada (AP)
Carvão P2	Au3	47-63	1074 ± 28	940 ± 40
Carvão P4	AB	47-59	1247 ± 31	1170 ± 20
Carvão P5	Au4	43-55	1323 ± 28	1230 ± 60

⁽¹⁾AP= antes do “presente” que tem por base o ano de 1950

A distribuição de probabilidades para as idades calibradas (Figura 8) mostrou resultados pouco inferiores as idades convencionais ou radiocarbônicas obtidas inicialmente. Na figura 8A, para os fragmentos de carvão do P2 Au3 a idade inicial é de 1074 ± 28 anos AP, verifica-se com 90,8% de probabilidade idade calibrada entre 980 a 900 anos AP (ou em Inglês BP “*before presente*”). Na figura 8B, referente ao P4 AB, observamos idade inicial de 1247 ± 31 anos AP e idade calibrada entre 1190 a 1050 anos AP e 89,5% de probabilidade. Já na figura 8C, referente ao P5 Au4, a idade inicial foi de 1323 ± 28 anos AP e a idade calibrada entre 1290 a 1170 anos Ap e com 87,2% de probabilidade.

Estudos realizados por Miller em sítios pré cerâmicos nas cachoeiras do Rio Madeira ao norte do Estado de Rondônia indicam idades aproximadas de 7000 anos AP (Moraes & Neves, 2018). Além disso, sítios de ocupações ceramistas nessa mesma região, estudados durante o projeto PRONAPABA (Miller 1979/ 1973) apresentam resultados de datações que retrocedem pelo menos 5200 anos (Moraes & Neves, 2018).

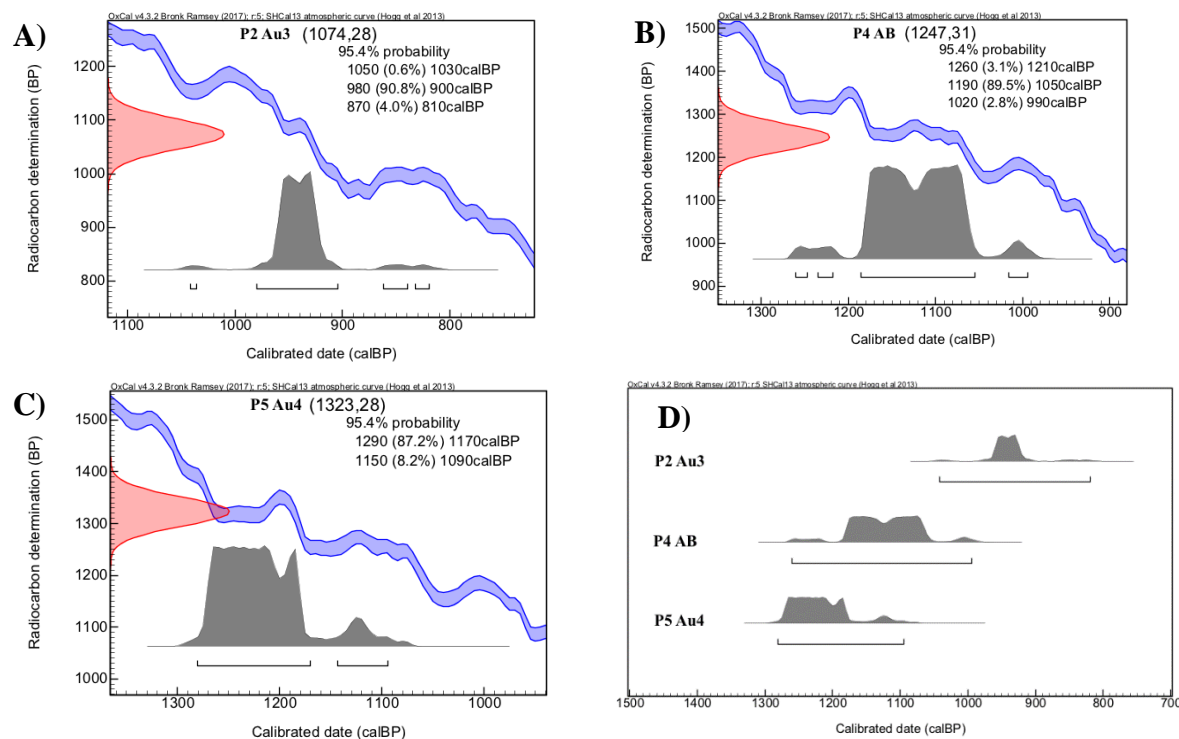


Figura 8. Distribuição de probabilidades para idades calibradas usando curva SHCall113 de fragmentos de carvão nos sítios: **A)** No município de Cabixi; **B)** No município de Pimenteiras do Oeste; **C)** No município de Cerejeiras; **D)** Comparação da variação de idade entre os sítios.

4.5. Análises Espectroscópicas

4.5.1 UV-visível

Os espectros de UV-visível dos AH extraídos dos perfis 5, 6 e 7 sob diferentes usos no município de Cerejeiras – RO são apresentados nas Figuras 9 e 10, respectivamente para os subhorizontes A em superfície e em maior profundidade no perfil. Observamos que todos os espectros de absorção apresentaram padrões similares típicos de substâncias húmicas (SH), sendo que quanto maior o comprimento de onda empregado menores valores de absorbância. Foram observados sutis ombros de absorção entre 260-300 nm, característicos de sobreposição de bandas.

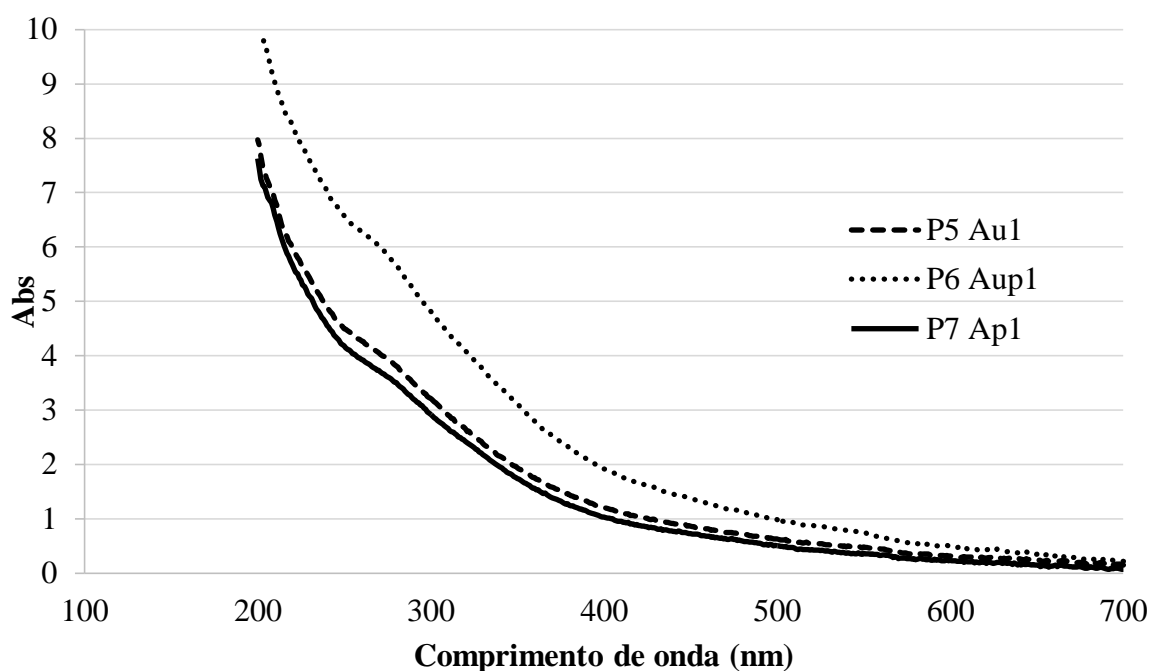


Figura 9. Espectros de UV-visível de ácidos húmicos extraídos dos horizontes A em superfície nos perfis 5, 6 e 7 no município de Cerejeiras-RO.

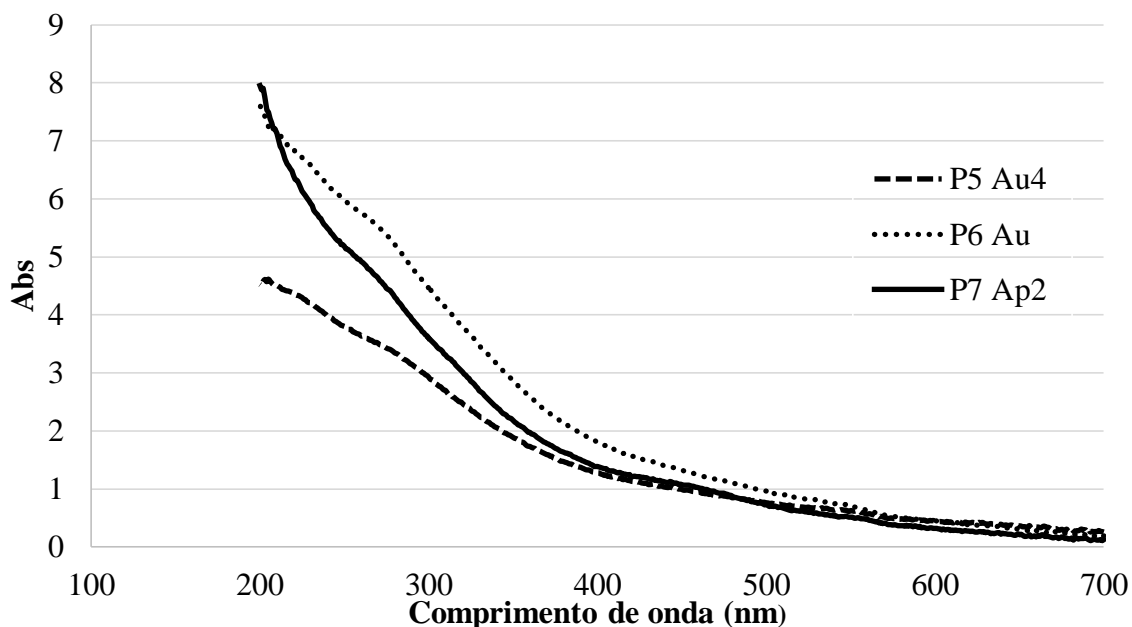


Figura 10. Espectros de UV-visível de ácidos húmicos extraídos dos horizontes A em maior profundidade nos perfis 5, 6 e 7 no município de Cerejeiras-RO.

Uma das principais informações obtidas a partir da espectroscopia de UV-visível é a relação E4/E6. Esta relação é usada como índice de humificação dos compostos orgânicos pois está diretamente relacionada com a aromaticidade e o grau de condensação dos AH, sendo que, menores valores de relação E4/E6 indicam elevado grau de humificação e alto grau de condensação de constituintes aromáticos, enquanto que maiores valores de relação E4/E6 indicam baixo grau de condensação aromática e, portanto, maior presença de estruturas alifáticas (Stevenson, 1994). Os maiores valores da relação E4/E6 foram observados no P7,

em área sob cultivo e não antrópico (Tabela 13), indicando maior expressão de estruturas alifáticas e, portanto, menor grau de humificação dos AHs no P7 em relação ao P5 e P6.

Tabela 13. Relação E4/E6 de ácidos húmicos extraídos de horizontes superficiais dos perfis 5, 6 e 7, no município de Cerejeiras-RO.

Perfil	Uso e cobertura	Horizonte	Prof. (cm)	E4/E6
P5	Antrópico sob floresta	Au1	0-10	4,60
		Au4	43-55	3,32
P6	Antrópico sob cultivo	Aup1	0-14	4,64
		Au	27-53	5,07
P7	Não antrópico sob cultivo	Ap1	0-13	6,26
		Ap2	13-21	6,03

Os resultados de relação E4/E6 corroboram os encontrados por Cunha (2005), que estudando ácidos húmicos de solos da Amazônia encontrou relação E4/E6 em torno de 4,0 para solos com influência antropica sob cultivo e floresta e 6,0 para solo não antropicos e sob floresta.

4.5.2. Espectroscopia de infravermelho (IV)

Os espectros de infravermelho dos ácidos húmicos extraídos de subhorizontes A em superfície e em profundidade dos solos no município de Cerejeiras (P5, P6 e P7) sob diferentes coberturas são representados na Figura 11.

Os grupamentos funcionais comumente sensíveis à radiação infravermelha, tais como hidroxilas alcoólicas e fenólicas, carboxilas e carbonilas, estruturas alifáticas (alguns CH_3 e CH_2) e aromáticas, podem estar presentes nas estruturas dos ácidos húmicos, independente da sua origem. Entretanto, a intensidade desses grupos pode diferir de uma amostra para outra (Rossi, 2013). No comprimento de ondas entre $3750 - 3400 \text{ cm}^{-1}$ são observados estiramentos e deformações de ligações O–H e Si–O. A observação de sinais espectrais nessa faixa é atribuída a impurezas minerais (Dias et al., 2009)

É possível observar bandas alargadas no comprimento de ondas de $3440 - 3300 \text{ cm}^{-1}$ em todos os espectros avaliados. As bandas observadas nessa região espectral são características de estiramento O–H em COOH, álcoois ou fenóis e estiramento N–H. Apesar de todos os espectros apresentarem resultados bastante similares para esta faixa, pode-se notar pequenas diferença quanto a amplitude de alargamento entre as bandas. Isso ocorre em função da força de ligação entre as moléculas, quanto mais pontes de H, mais ácido é o material analisado, maior é a força de ligação intramolecular e portanto mais larga é a banda de absorção (Dias et al., 2009). Quanto a essa extensão do alargamento podemos observar nas TPIs, bandas mais alargadas nos horizontes mais profundos (P6 Au e P5 Au4) que nos superficiais (P6 Aup1 e P5 Au1), indicando maior força das ligações intramoleculares nos AH de P6 Au e P5 Au4 e logo, maior acidez desses em relação aos subhorizontes superficiais.

As bandas entre 2940 e 2840 cm^{-1} correspondem a estiramento de C–H em CH_2 e CH_3 alifáticos. Em todos os espectros foram observadas duas bandas nessa região, uma em torno de 2920 cm^{-1} e outra em aproximadamente 2850 cm^{-1} . A observação de duas bandas nessa região ocorre em função de mudanças no comportamento vibracional desses radicais nos diferentes comprimentos de onda e, por isso, diferentes quantidades de energia são absorvidas. No comprimento de onda de $2940-2900 \text{ cm}^{-1}$ o padrão vibratório é de estiramento assimétrico C–H, enquanto entre $2860-2840 \text{ cm}^{-1}$ o estiramento é considerado simétrico.

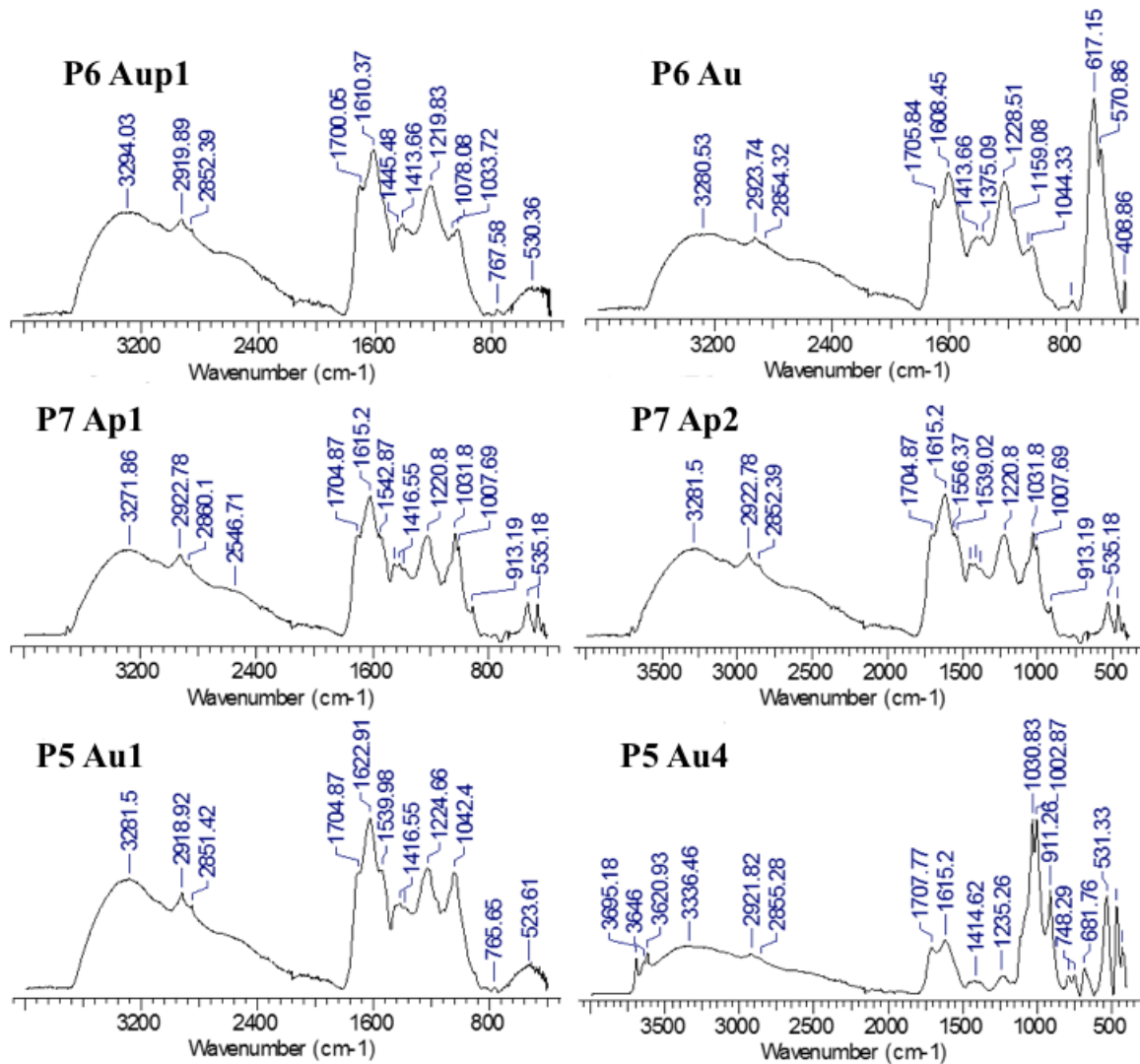


Figura 11. Espectros de infravermelho de ácidos húmicos extraídos dos subhorizontes A em superfície e em profundidade dos perfis P5, P6 e P7 no município de Cerejeiras-RO.

P6 Aup1: horizonte antrópico Aup1 do perfil 6 sob área cultivada; P6 Au: horizonte antrópico Au do perfil 6 sob área cultivada; P7 Ap1: horizonte não antrópico Ap1 do perfil 7 sob cultivo; P7 Ap2: horizonte não antrópico Ap2 do perfil 7 sob cultivo; P5 Au1: horizonte antrópico Au1 do perfil 5 sob cobertura florestal; P5 Au4: horizonte antrópico Au4 do perfil 5 sob cobertura florestal;

Os subhorizontes antrópicos sob cobertura de floresta (P5) apresentaram bandas marcantes na região espectral de $1100-1000\text{ cm}^{-1}$, referentes a estiramento C-O em álcoois alifáticos, C-O-C de éteres e C-O em polissacarídeos. Picos referentes a carboidratos também apresentaram sinais intensos nos espectros ^{13}C RMN, confirmando a maior influência desses compostos nos horizontes antrópicos sob floresta.

Outra banda verificada em todos os espectros avaliados foi na região de 500 cm^{-1} , que geralmente é atribuída à presença de impurezas minerais no AH. Esta banda é caracterizada por deformação angular O-H em caulinita e gibsit; enquanto bandas inferiores a 430 cm^{-1} são características de deformações Si-O da caulinita (Merlin et al., 2014). Apesar de todas as amostras apresentarem bandas referentes a impurezas minerais, pode-se notar que elas são mais pronunciadas nos subhorizontes A antrópicos mais profundos. A observação de bandas mais intensas relacionadas a estruturas minerais são forte indicativo de ligações entre grupamentos presentes nos AH e a fração mineral do solo (Gomes et al., 2017). Essa maior interação entre os AH e as superfícies minerais nos horizontes antrópicos pode justificar o

aumento da disponibilidade de fósforo, uma vez que a adsorção desse elemento nos solos se dá, principalmente, pela formação de complexos de esfera interna entre os íons fosfato e cargas positivas presentes na superfície de troca das argilas 1:1 e oxi-hidróxidos de ferro e alumínio (Pereira, 1996).

Comparando-se os subhorizontes A na superfície podemos notar nas amostras de solos antrópicos (P5 e P6) bandas levemente mais pronunciadas em aproximadamente 1615 cm^{-1} , referentes a estiramentos C=C em anéis aromáticos e estiramento simétrico de COO^- . Esse resultado aparentemente está relacionado a presença de carbono pirogênico que contribui para formação de compostos de maior estabilidade na MOS, portanto maior expressão de compostos aromáticos nas TPIs (González-Pérez et al., 2004; Benites et al., 2005; Liang et al., 2006, 2008, 2010, Cunha et al., 2007, 2009a; Novotny et al., 2009; Sombroek et al., 2009; Novotny, 2011; Campos et al., 2012; Mao et al., 2012).

4.5.3. Espectroscopia de RMN de ^{13}C

Nos espectros de ^{13}C RMN CP MAS (Figura 12) foram observados picos de absorção característicos das substâncias húmicas do solo. Sete regiões de deslocamentos químicos foram consideradas nos espectros, referentes aos tipos de carbono: alifáticos (0-46ppm), N-alifáticos e metoxílicos (46-59ppm), O-alifáticos (59-91ppm), C-aromáticos (110-142ppm), O-aromáticos (142-156ppm), carboxílicos (156-186ppm) e carbonílicos (186-230ppm) (Pretsch et al., 2005; Dick & Novotny, 2015; Rossi et al., 2016; Näthe et al., 2017; Dieguez et al., 2018).

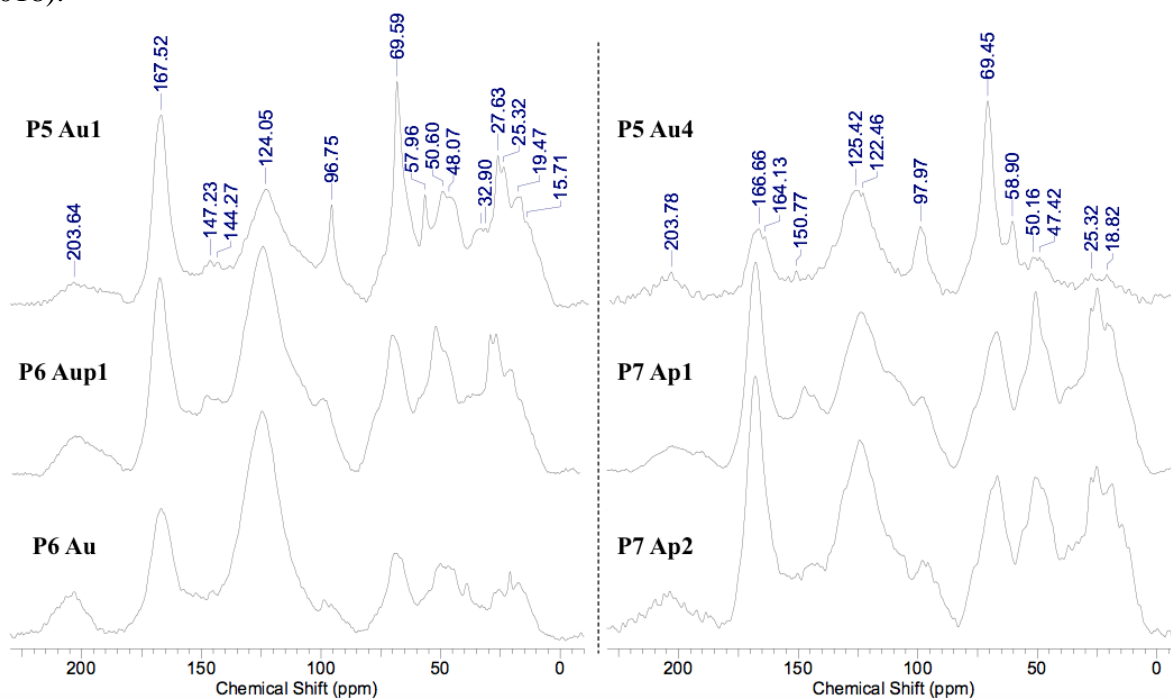


Figura 12. Espectros ^{13}C NMR CP MAS (estado sólido) dos ácidos húmicos extraídos de diferentes subhorizontes A dos perfis (P5 e P6 antrópicos) e do P7 (não antrópico) no município de Cerejeiras - RO.

P5 Au1: horizonte antrópico Au1 do perfil 5 sob cobertura florestal; P6 Au1: horizonte antrópico Au1 do perfil 6 sob área cultivada; P6 Au: horizonte antrópico Au do perfil 6 sob área cultivada; P5 Au4: horizonte antrópico Au4 do perfil 5 sob cobertura florestal; P7 Ap1: horizonte não antrópico Ap1 do perfil 7 sob cultivo; P7 Ap2: horizonte não antrópico Ap2 do perfil 7 sob cultivo;

Os espectros apresentaram picos semelhantes, porém, diferentes intensidades entre os subhorizontes A e uso e cobertura. As áreas antrópicas (P5 e P6) apresentaram picos com

diferentes intensidades entre o suborizonte A superficial e o em maior profundidade, principalmente nas regiões referentes as estruturas alifáticas (0-46 ppm), N-alifáticas e metoxílicas (46-59 ppm). Nessas regiões foram observados picos mais expressivos nos suborizontes superficiais (P5 Au1 e P6 Aup1). Este resultado está relacionado com a deposição de material orgânico recente nos suborizontes A em superfície, que quando decomposto contribui para enriquecimento das frações de carbono alquila (Näthe et al., 2017).

Os suborizontes dos perfis antrópicos (P5 e P6) apresentaram picos intensos em ~130 ppm referentes a carbono aromático arila e em ~170 ppm, região referente a presença de radicais carboxílicos (COO⁻). Esses resultados corroboram com os trabalhos de (Cunha, 2005; Novotny et al., 2009; Teixeira et al., 2009) que encontraram nas TPIs, predomínio de picos de ressonância nessas regiões, os quais foram atribuídos a grande expressão de resíduos de carvões parcialmente oxidados. Segundo Mao et al. (2012), os carvões ou o carbono pirogênico são constituídos por anéis aromáticos fundidos e quando oxidados apresentam substituições por grupos carboxílicos (COO⁻), portanto exibem picos de ressonância em ~130 ppm e 170 ppm.

Os espectros dos suborizontes antrópicos do P5 sob floresta, apresentaram picos mais pronunciados em ~70 ppm que os das áreas sob plantio direto (P6 e P7). Picos nessa região são característicos de carboidratos como polissacarídeos. Bandas de absorção referentes a esses compostos também foram observadas para essas amostras nos espectros de infravermelho. Esses compostos por apresentar grupos funcionais oxigenados são mais lábeis no solo e, portanto, menor sua resistência a degradação (Novotny et al., 2007).

Na Tabela 14 são apresentadas as quantidades relativas associadas aos picos correspondentes: grupos alifáticos (0-46ppm), N-alifáticos e metoxílicos (46-59ppm), O-alifáticos (59-91ppm), C-aromáticos (110-142ppm), O-aromáticos (142-156ppm), carboxílicos (156-186ppm) e carbonílicos (186-230ppm) são apresentados na Tabela 14; bem como os índices de aromaticidade e alifaticidade para os suborizontes A dos perfis no município de Cerejeiras.

Tabela 14. Distribuição (conteúdo relativo em %) dos tipos de carbono obtidos a partir dos espectros ¹³C NMR CP MAS (estado sólido) dos ácidos húmicos extraídos de suborizontes A, nos perfis 5 e 6 (antrópicos) e perfil 7 (não antrópico), município de Cerejeiras - RO.

	Distribuição dos diferentes tipos de carbono										
	-----Alquilas-----				Aromaticos		Carbonilas		Arom	Alif	IP
	0-46	46-59	59-91	91-110	110-142	142-156	156-186	186-230			
C _{Alk-H,R}	C _{Alk-O,N}	C _{Alk-O}	C _{Alk-di-O}	C _{Ar-H,R}	C _{Ar-O}	C _{COO-H,R}	C _{C=O}				
	-----%										
P5 Au1	23,0	14,0	15,0	8,0	17,0	5,0	14,0	4,0	22,0	78,0	0,8
P6 Aup1	17,0	12,0	11,0	5,0	30,0	8,0	12,0	5,0	38,0	62,0	0,6
P7 Ap1	22,2	13,1	12,1	10,1	18,1	7,0	14,1	3,0	25,2	74,7	0,7
P5 Au4	8,0	10,1	22,2	10,1	28,2	4,0	11,1	6,0	32,3	67,6	0,7
P6 Au	11,1	9,0	9,0	5,0	39,3	6,0	14,1	6,0	45,4	54,5	0,5
P7 Ap2	20,0	12,0	12,0	8,0	21,0	6,0	16,0	5,0	27,0	73,0	0,8

P5 Au1: horizonte antrópico Au1 do perfil 5 sob cobertura florestal; P6 Aup1: horizonte antrópico Aup1 do perfil 6 sob área cultivado; P7 Ap1: horizonte não antrópico Ap1 do perfil 7 sob cultivo; P5 Au4: horizonte antrópico Au4 do perfil 5 sob cobertura florestal; P6 Au: horizonte antrópico Au do perfil 6 sob área cultivado; P7 Ap2: horizonte não antrópico Ap2 do perfil 7 sob cultivo;

O grau de humificação da matéria orgânica do solo (MOS) pode ser estimado através dos índices de aromaticidade e alifaticidade, sendo que quanto maior o índice de aromaticidade, maior o grau de humificação da MOS e maior a estabilidade desta no solo (Rossi et al., 2016). Com exceção do subhorizonte antrópico Au1 do P5 sob floresta (P5 Au1) onde o aporte e decomposição da serapilheira parece favorecer o surgimento de grupamentos alifáticos, os horizontes antrópicos apresentaram maiores valores de índice de aromaticidade (38,0; 32,3 e 45,4) que nas amostras dos subhorizontes do perfil P7, de origem não antrópica (25,2 e 27,0). Esses resultados corroboram com os demais trabalhos na literatura sobre a maior estabilidade da MOS nos solos antrópicos conhecidos como TPIs (Kern et al., 2004; Cunha, 2005; Neves Junior, 2008; Macedo, 2009; Sombroek et al., 2009; Teixeira et al., 2009; Campos et al., 2010; Pessoa Junior et al., 2012).

Em todos os solos foram observados maiores índices de aromaticidade nos subhorizontes mais profundos quando comparados aos subhorizontes equivalentes em superfície. Isso decorre principalmente da menor influência de materiais provenientes da decomposição da serapilheira, como ocorre nos subhorizontes A superficiais, contribuindo para o aumento de compostos alifáticos.

Análises quimiométricas (componentes principais-PCA) realizadas a partir dos espectros ¹³C NMR CP MAS (estado sólido) dos ácidos húmicos extraídos de diferentes subhorizontes A dos perfis antrópicos (P5 e P6) e não antrópicos (P7) são ilustradas na Figura 13A. Nota-se dois padrões de agrupamento grupos distintos. Um padrão de agrupamento foi formado a valores negativos de PC-1 (55% da variância explicada) entre os AH obtidos a partir de P7 Ap1, P7 Ap2 e P5 Au1. Outro padrão de agrupamento a valores positivos na PC-1 foi observado com as amostras dos subhorizontes antrópicos “Au” mais profundos (P5 Au4 e P6 Au) mantiveram-se juntas. A amostra P6 Aup1 se diferenciou dos dois grupos acima citados. Esta separação pode indicar alterações nos grupos funcionais constituintes dos AHs em função do manejo do solo para culturas anuais.

Na análise de componentes principais (Figura 13C) verifica-se que as duas componentes explicam aproximadamente 98% da variabilidade dos dados. As amostras P6 Aup1, P6 Au e P5 Au4 apresentaram similaridades e agruparam-se principalmente em função da maior aromaticidade atribuída aos compostos de carbono arila H-R.

De acordo com as características estruturais dos AH dos horizontes antrópicos é possível entender que estas características podem ser herdadas do carbono pirogênico o que lhes confere maiores conteúdos de compostos recalcitrantes de elevada estabilidade no solo como os pertencentes ao grupo C-Arila (Novotny et al., 2007). A presença destas estruturas mais recalcitrantes fica evidenciada na PCA realizada a partir do carregamento das regiões dos espectros (Figura 13C), onde estruturas CAr-(H,R) estão agrupadas com os AH isolados de P6 Aup1, P6 Au e P5 Au4. Estas características recalcitrantes são a evidência principal que permite diferenciar estruturalmente os AH dos horizontes antrópicos de AH pertencentes à horizontes não antrópicos. A Figura 13D mostra como os carbonos do tipo aromáticos e alifáticos pouco funcionalizados (estruturas mais recalcitrantes) se diferenciam nos AH dos horizontes antrópicos.

O carbono pirogênico é formado por aproximadamente 6 anéis aromáticos fundidos e quando parcialmente oxidados, desenvolve na periferia dos anéis aromáticos radicais carboxílicos funcionalizados (Mao et al., 2012). Portanto, os AH que se formam apresentam: a) recalcitrância, o que os tornam menos suscetíveis a degradação química mesmo em condições favoráveis pelas elevadas taxas de precipitação e temperatura no ambiente amazônico; e b) funcionalidade, que contribui para o aumento da CTC do solo. Essas características explicam grande parte das propriedades das TPIs, consideradas extraordinárias em comparação a outros solos, como a manutenção da sua coloração, os elevados teores de

nutrientes e de carbono orgânico (Kern, 1999; Novotny et al., 2007, 2009, Liang et al., 2008, 2010; Cunha et al., 2009b; Mao et al., 2012; Näthe et al., 2017).

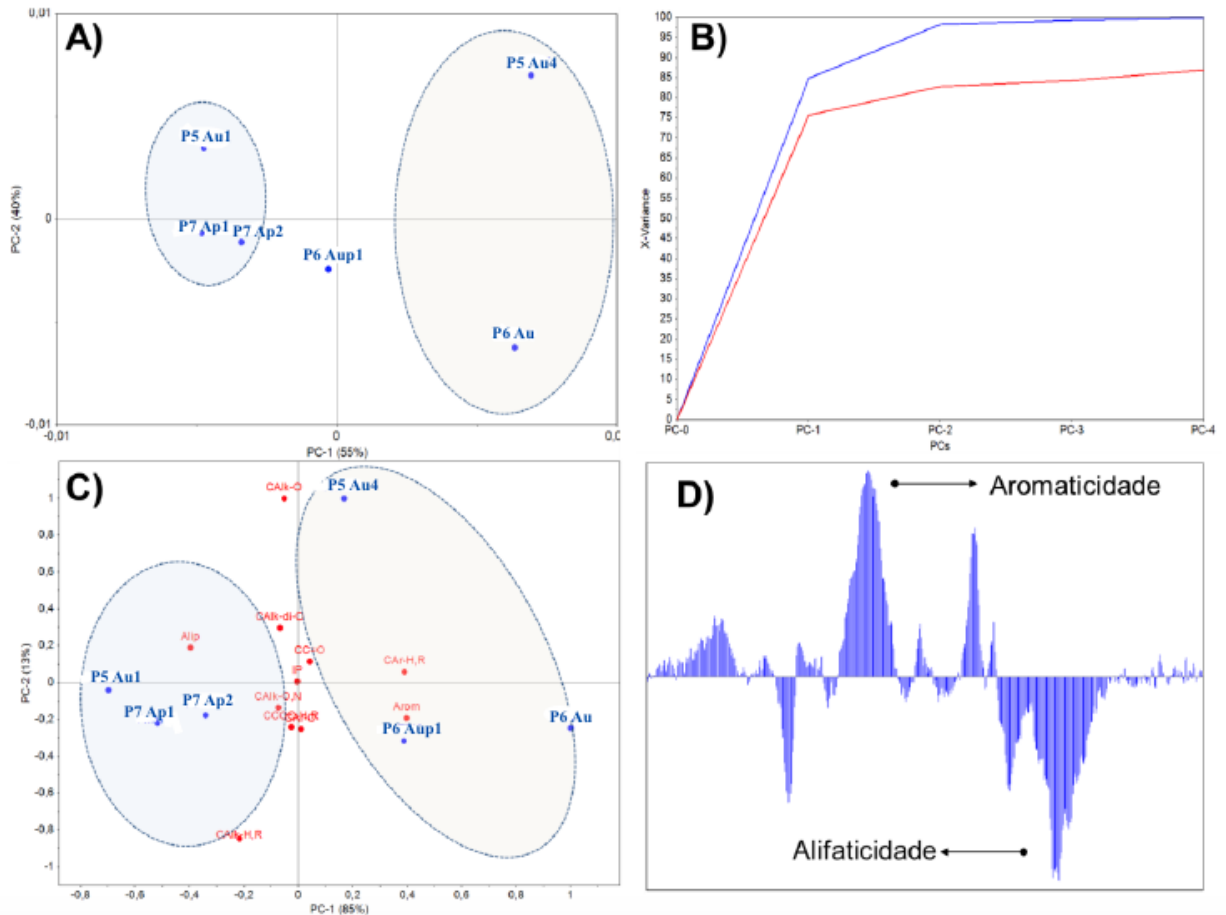


Figura 13. Análises quimiométricas (componentes principais-PCA) realizados a partir dos espectros ^{13}C NMR CP MAS (estado sólido) dos ácidos húmicos extraídos de diferentes subhorizontes A de perfis antrópicos (P5 e P6) e não antrópico (P7). **A)** PCA realizada a partir dos espectros puros; **B)** Comportamento da variância de cada componente na PCA; **C)** PCA realizada a partir dos conteúdos e tipos de carbonos; **D)** *Loadings* obtidos a partir da PCA realizada para os espectros.

P5 Au1: horizonte antrópico Au1 do perfil 5 sob cobertura florestal; P6 Aup1: horizonte antrópico Aup1 do perfil 6 sob área cultivado; P6 Au: horizonte antrópico Au do perfil 6 sob área cultivado; P5 Au4: horizonte antrópico Au4 do perfil 5 sob cobertura florestal; P7 Ap1: horizonte não antrópico Ap1 do perfil 7 sob cultivo; P7 Ap2: horizonte não antrópico Ap2 do perfil 7 sob cultivo;

4.6. Si, Al, Fe e Ti Extraídos pelo Ataque Sulfúrico e Formas Extraíveis de Óxidos de Ferro

Os valores de Si, Al, Fe e Ti extraídos pelo ataque sulfúrico e expressos na forma de óxidos são apresentados nas Tabelas 15 e 16. Observa-se o predomínio na fração fina do solo de óxidos de alumínio (Al_2O_3) com teores variáveis entre 43 e 218 g kg^{-1} , seguidos pelos óxidos de silício (SiO_2), óxidos de ferro (Fe_2O_3) e óxidos de titânio (TiO_2).

Em geral, os perfis apresentaram baixos conteúdos de óxidos de ferro (Fe_2O_3) com teores entre 9 g kg^{-1} no P1 a 51 g kg^{-1} no P7. A exceção do P3, que apresentou valores de 104 a 109 g kg^{-1} nos subhorizontes B e BC. Os teores de óxidos de ferro obtidos na extração pelo ataque sulfúrico são utilizados como critério para separação de classes de solos mais intemperizados. Desse modo, os teores de $\text{Fe}_2\text{O}_3 < 80 \text{ g kg}^{-1}$ em todos os perfis com exceção

do P3, os classificam como "hipoférricos" (Santos et al., 2014). Já o perfil P3 é classificado como "mesoférrico" pois apresenta domínio de teores de Fe₂O₃ superiores a 80 g kg⁻¹ (Santos et al., 2014). Os teores de Fe₂O₃ no P3 variaram de 65 g kg⁻¹ no horizonte Aup a 109 g kg⁻¹ em BC, sendo que o aumento dos teores de Fe₂O₃ em profundidade acompanha o aumento de argila e esse perfil apresenta gradiente textural.

Tabela 15. Si, Al, Fe e Ti extraídos pelos ataque sulfúrico e índices Ki, Kr e relação Al₂O₃/Fe₂O₃ dos perfis antrópicos (P1 a P4) no Sul do estado de Rondônia.

Horiz.	Prof. cm	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	Ki ⁽¹⁾	Kr ⁽²⁾	Al ₂ O ₃ /Fe ₂ O ₃
		----- g kg ⁻¹ -----						
P1 - LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico antrópico								
Aup	0-13	46	47	9	1,9	1,66	1,48	8,20
Au1	13-26	46	43	10	2,1	1,82	1,58	6,75
Au2	26-47	46	44	10	2,0	1,78	1,55	6,91
Au3	47-65	44	45	10	2,0	1,66	1,46	7,06
Au4	65-100	43	46	9	2,2	1,59	1,41	8,02
Bw1	100-140	72	76	16	3,1	1,61	1,42	7,46
Bw2	140-160+	87	95	18	4,0	1,56	1,39	8,29
P2 - ARGISSOLO VERMELHO Eutrófico latossólico antrópico								
Aup	0-14	87	115	33	7,9	1,29	1,09	5,47
Au1	14-34	81	103	36	6,0	1,34	1,09	4,49
Au2	34-47	84	111	33	5,8	1,29	1,08	5,28
Au3	47-63	99	123	41	6,6	1,37	1,13	4,71
AB	63-76	114	150	40	7,6	1,29	1,10	5,89
BA	76-94	122	160	45	8,5	1,30	1,10	5,58
Btw1	94-134	130	179	49	8,6	1,23	1,05	5,74
Btw2	134-154+	135	182	50	9,7	1,26	1,07	5,71
P3 - ARGISSOLO VERMELHO Eutrófico abrupto petroplúntico antrópico								
Aup	0-13	125	155	65	8,9	1,37	1,08	3,74
Au	13-34	124	158	77	9,4	1,33	1,02	3,22
BA	34-54	166	203	95	11,7	1,39	1,07	3,35
Bt1	54-74	164	208	104	11,7	1,34	1,02	3,14
Bt2	74-113	172	218	103	10,9	1,34	1,03	3,32
Bt3	113-143	164	210	108	14,6	1,33	1,00	3,05
BC	143-165+	166	211	109	12,8	1,34	1,1	3,04
P4 - LATOSSOLO AMARELO Distrófico antrópico								
Aup	0-9	59	86	13	3,9	1,17	1,06	10,39
Au1	9-19	56	77	11	3,9	1,24	1,13	10,99
Au2	19-47	61	131	22	6,1	0,79	0,71	9,35
AB	47-59	64	100	22	5,1	1,09	0,95	7,14
BA	59-75	63	106	15	5,1	1,01	0,93	11,09
Bw1	75-95	66	112	17	5,7	1,00	0,91	10,34
Bw2	95-119	65	115	18	5,5	1,00	0,91	10,03
Bw3	119-136+	59	114	17	5,7	0,96	0,87	10,53

(1) Ki = (SiO₂ / Al₂O₃) * 1,7; (2) Kr = (SiO₂ * 1,7) / Al₂O₃ + (0,64 * Fe₂O₃)

Os baixos teores de óxidos de ferro nos perfís P1, P4, P5, P6 e P7 estão relacionados ao material de origem, constituído por sedimentos pobres em ferro, e aos menores teores de argila em relação aos perfís P2 e P3.

Os resultados de Ki variaram de 1,82 a 0,77, em que os valores $\geq 2,0$ indicam mineralogia caulínica em Latossolos. A utilização conjunta dos valores de Ki e Kr permite separar ainda em caulínicos não oxídicos ($Ki > 0,75$ e $Kr > 0,75$) e caulínicos oxídicos ($Ki > 0,75$ e $Kr \leq 0,75$) (Resende & Santana, 1988). Nos perfis antrópicos, com base nos valores nos horizontes diagnósticos subsuperficiais, todos os solos foram identificados como caulínicos não oxídicos. No P7 (não-antrópico), os valores observados nos subhorizontes BA, Bw1, Bw2 e Bw3 indicam mineralogia caulínica oxídica.

Tabela 16. Si, Al, Fe e Ti extraídos pelos ataque sulfúrico e índices Ki, Kr e relação Al_2O_3/Fe_2O_3 de perfis antrópicos (P5 e P6) e não antrópico (P7) no município de Cerejeiras.

Horiz.	Prof.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	Ki	Kr	Al ₂ O ₃ /Fe ₂ O ₃
	cm	----- g kg ⁻¹ -----						
P5 - LATOSSOLO AMARELO Distrófico antrópico (sob floresta)								
Au1	0-10	84	122	18	5,9	1,17	1,07	10,64
Au2	10-26	93	137	21	6,9	1,15	1,05	10,24
Au3	26-43	89	131	25	6,4	1,15	1,03	8,23
Au4	43-55	85	130	22	6,5	1,11	1,00	9,28
AB	55-71	98	149	22	7,8	1,12	1,02	10,63
BA	71-85	107	168	24	7,9	1,08	0,99	10,99
Bw1	85-121	109	171	27	8,7	1,08	0,98	9,94
Bw2	121-141+	109	175	30	8,0	1,06	0,95	9,16
P6 - LATOSSOLO AMARELO Eutrófico antrópico (sob lavoura)								
Aup1	0-14	83	131	22	5,8	1,08	0,97	9,35
Aup2	14-27	83	123	23	6,1	1,15	1,02	8,40
Au	27-53	98	153	26	8,4	1,09	0,98	9,24
AB	53-60	104	162	30	8,4	1,09	0,98	8,48
BA	60-76	106	176	30	8,5	1,02	0,92	9,21
Bw1	76-119	108	184	30	8,7	1,00	0,90	9,63
Bw2	119-139+	94	173	30	8,8	0,92	0,83	9,05
P7 LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico (sob lavoura)								
Ap1	0-13	95	177	39	9,8	0,91	0,80	7,13
Ap2	13- 21	96	188	41	11,1	0,87	0,76	7,20
AB	21-38	99	195	41	10,2	0,86	0,76	7,47
BA	38 -66	102	207	48	11,6	0,84	0,73	6,77
Bw1	66-110	108	217	51	12,9	0,85	0,74	6,68
Bw2	110-131	100	218	50	11,9	0,78	0,68	6,85
Bw3	131-151+	98	216	45	9,9	0,77	0,68	7,54

(1) $Ki = (SiO_2 / Al_2O_3) * 1,7$; (2) $Kr = (SiO_2 * 1,7) / Al_2O_3 + (0,64 * Fe_2O_3)$

Os teores de óxidos de ferro de alta e baixa cristalinidade, extraídos respectivamente com solução de citrato-ditionito-bicarbonato de sódio (Fed) e de oxalato ácido de amônio (Feo), assim como as razões Feo/Fed, Fed/Fes são apresentados nas Tabelas 18 e 19.

De modo geral observamos que as formas de ferro mais cristalinas (Fed) apresentaram aumento em profundidade, enquanto que para os óxidos de ferro amorfos (Feo) os conteúdos decresceram em profundidade. Esses resultados estão principalmente relacionados aos maiores conteúdos de matéria orgânica e umidade, que segundo Schwertmann (1966), favorecem a dissolução e remobilização dos óxidos de ferro inibindo a cristalização. A influencia dos teores de carbono total sobre os óxidos de ferro extraídos pelo ataque sulfúrico

é confirmada pelos valores de correlação negativa entre essas variáveis (-0,592 a -0,993) na análise de correlação de Pearson (Tabela 20) para todos os perfis.

A relação Feo/Fed, empregada como índice de cristalinidade dos óxidos de ferro e de condições de umidade do ambiente pedogenético (Kampf, 1988), exibiu maiores valores nos subhorizontes Au, indicando maiores quantidades de óxidos de ferro de menor grau de cristalinidade nestes que nos demais horizontes. Esses resultados estão também relacionados aos maiores conteúdos de MOS nos horizontes com influência antrópica, que dificultam o processo de cristalinização dos óxidos de ferro.

Tabela 18. Teores de óxidos de ferro extraíveis dos perfis de TPIs (P1, P2, P3 e P4) no Sul do estado de Rondônia.

Horizonte	Profundidade cm	⁽¹⁾ Fed ----- g kg ⁻¹ -----	⁽²⁾ Feo ----- g kg ⁻¹ -----	Feo/Fed	Fed/Fes⁽³⁾
P1 – LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico antrópico					
Aup	0-13	6,31	1,21	0,19	0,70
Au1	13-26	6,30	1,34	0,21	0,63
Au2	26-47	6,53	1,09	0,17	0,65
Au3	47-65	6,39	1,25	0,20	0,64
Au4	65-100	6,32	1,16	0,18	0,70
Bw1	100-140	9,24	0,86	0,09	0,58
Bw2	140-160+	11,96	0,82	0,07	0,66
P2 - ARGISSOLO VERMELHO Eutrófico latossólico antrópico					
Aup	0-14	30,23	2,16	0,07	0,92
Au1	14-34	22,60	2,05	0,09	0,63
Au2	34-47	25,43	2,04	0,08	0,77
Au3	47-63	27,80	1,80	0,06	0,68
AB	63-76	30,34	1,75	0,06	0,76
BA	76-94	36,69	1,66	0,05	0,82
Bt1	94-134	35,22	1,67	0,05	0,72
Bt2	134-154+	37,93	1,22	0,03	0,76
P3 - ARGISSOLO VERMELHO Eutrófico abruptico petroplúntico antrópico					
Aup	0-13	58,79	2,76	0,05	0,90
Au	13-34	62,72	3,11	0,05	0,81
BA	34-54	78,41	3,46	0,04	0,83
Bt1	54-74	88,92	3,56	0,04	0,85
Bt2	74-113	85,58	3,02	0,04	0,83
Bt3	113-143	83,16	3,09	0,04	0,77
BC	143-165+	75,74	3,24	0,04	0,69
P4 - LATOSSOLO AMARELO Distrófico antrópico					
Aup	0-9	9,24	1,05	0,11	0,71
Au1	9-19	6,49	1,18	0,18	0,59
Au2	19-47	7,67	0,82	0,11	0,35
AB	47-59	8,29	0,49	0,06	0,38
BA	59-75	8,36	0,45	0,05	0,56
Bw1	75-95	9,38	0,55	0,06	0,55
Bw2	95-119	10,19	0,42	0,04	0,57
Bw3	119-136+	9,46	0,29	0,03	0,56

⁽¹⁾Fed = extração com citrato-ditionito-bicarbonato (CBD); ⁽²⁾Feo = extração com oxalato ácido de amônio; ⁽³⁾ Fes= óxidos de ferro obtidos pelo ataque sulfúrico expressos em Fe₂O₃.

A razão Fed/Fes, que indica a reserva de ferro associado a minerais que não são óxidos (Pereira, 1996), apresentou resultados inferiores a 0,93 com maiores valores nos subhorizontes A mais superficiais e, em geral, menores em profundidade. Esse fato indica maior grau de alteração dos minerais em superfície, favorecido pela maior umidade e temperatura intensificando o intemperismo.

Com relação aos perfis no município de Cerejeiras (P5, P6 e P7) (Tabela 19), podemos observar maiores valores de relação Feo/Fed nos subhorizontes A antrópico (~0,10), enquanto no P7 (não antrópico) os valores foram inferiores a 0,7. Em todos os perfis a relação Feo/Fed acompanha a diminuição de MOS, com os menores valores em profundidade.

Alterações na cobertura do solo bem como nas formas de manejo agrícola podem influenciar na disponibilidade de fósforo ao reduzir a quantidade de MOS, que apresenta elevado poder de complexação de metais como o Fe. Sendo assim, condições que conduzam ao esgotamento da MOS podem aumentar a atividade dos óxidos de ferro e, com isso, será maior a interação desses óxidos com os íons fosfato. Resta saber se a utilização das TPIs como áreas de exploração agropecuária intensa já estaria promovendo essas reações.

Tabela 19. Teores de óxidos de ferro extraíveis nos perfis antrópicos (P5 e P6) e não-antrópicos (P7) no município de Cerejeiras, estado de Rondônia.

Horizonte	Profundidade cm	⁽¹⁾ Fed ----- g kg ⁻¹ -----	⁽²⁾ Feo -----	Feo/Fed	Fed/Fes ⁽³⁾
P5 - LATOSSOLO AMARELO Distrófico antrópico (floresta)					
Au1	0-10	11,25	1,07	0,10	0,63
Au2	10-26	11,15	1,12	0,10	0,53
Au3	26-43	10,15	1,10	0,11	0,41
Au4	43-55	11,36	1,02	0,09	0,52
AB	55-71	10,65	0,96	0,09	0,48
BA	71-85	12,81	0,76	0,06	0,53
Bw1	85-121	14,07	0,70	0,05	0,52
Bw2	121-141+	12,18	0,69	0,06	0,41
P6 - LATOSSOLO AMARELO Eutrófico antrópico (lavoura)					
Aup1	0-14	14,67	1,42	0,10	0,67
Aup2	14-27	14,44	1,19	0,08	0,63
Au	27-53	15,99	1,01	0,06	0,61
AB	53-60	17,22	0,87	0,05	0,57
BA	60-76	15,18	0,83	0,05	0,51
Bw1	76-119	14,55	0,70	0,05	0,49
Bw2	119-139+	15,71	0,53	0,03	0,52
P7 - LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico (lavoura)					
Ap1	0-13	28,54	2,01	0,07	0,73
Ap2	13- 21	27,26	1,83	0,07	0,66
AB	21-38	28,95	1,59	0,05	0,71
BA	38 -66	31,93	1,42	0,04	0,67
Bw1	66-110	23,60	1,13	0,05	0,46
Bw2	110-131	26,49	1,18	0,04	0,53
Bw3	131-151+	24,34	0,88	0,04	0,54

⁽¹⁾Fed = extração com citrato-ditionito-bicarbonato (CBD); ⁽²⁾Feo = extração com oxalato ácido de amônio; ⁽³⁾ Fes= óxidos de ferro obtidos pelo ataque sulfúrico expresso em Fe₂O₃.

Tabela 20. Coeficientes de correlação de Pearson entre o carbono total e os óxidos de ferro extraídos pelo ataque sulfúrico (Fe₂O₃).

Perfil	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
Correlação ¹	-0,666	-0,917	-0,993	-0,592	-0,762	-0,951	-0,833

¹= correlação linear de Pearson

4.7. Classificação dos Solos

Os perfis foram classificados segundo o Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (SiBCS) (Santos et al., 2014) e também no *World Reference Base* (WRB) (IUSS Working Group, 2014) (Tabela 21).

Com base nos atributos morfológicos, físicos e químicos dos horizontes subsuperficiais, os perfis P1, P4, P5, P6 e P7 foram identificados no SiBCS como Latossolos e os perfis P2 e P3, por apresentarem gradiente textural em função da argiluviação, como Argissolos. Em função das cores do horizonte B, os perfis P4, P5, P6 e P7 foram identificados na subordem Amarelo, o perfil P1 como Vermelho - Amarelo e os perfis P2 e P3 como Vermelhos.

Quanto à saturação por bases no horizonte diagnóstico subsuperficial, os perfis P1, P2, P3 e P6 são identificados como eutróficos e os demais distróficos em nível de grande grupo, embora os perfis P4 e P5 tenham caráter epieutrófico (quinto nível no SiBCS).

Os perfis P1, P2 e P4 atenderam aos requisitos para identificar o horizonte pretic e para a classes dos Anthrosols. Outros perfis antrópicos não atenderam aos requisistos do WRB para serem classificados como Anthrosols. O P3 apesar de atender aos requisitos para definir o horizonte pretic não atendeu o critério de espessura mínima ≥ 50 cm para a classe dos Anthrosols sendo, portanto, classificado como Lixic Pretic Rhodic Ferralsol. Esse fato corrobora com a afirmação feita por Kämpf et al. (2009), de que muitos solos antrópicos conhecidos como TPIs são excluídas da classe Anthrosols por não atenderem ao requisito de espessura mínima ≥ 50 cm.

Os perfis P5 e P6 no município de Cerejeiras, apesar de apresentarem evidencias de áreas de ocupação por antigas civilizações, apresentam baixos teores de P, não atendendo ao requisito de teor mínimo ≥ 30 mg kg⁻¹ de P pelo método Mehlich-1 para identificar o horizonte pretic, sendo assim excluído da classe dos Anthrosols, mesmo atendendo ao requisito de espessura mínima ≥ 50 cm.

No SiBCS todos os solos identificados como antrópicos apresentaram horizonte superficial diagnóstico A antrópico, segundo os critérios apresentados na quarta edição (Santos et al., 2014). Já utilizando a definição proposta para o A antrópico, na nova edição do SiBCS (2018, informação pessoal de Lúcia Anjos) os perfis identificados como antrópicos atenderam ao requisito de profundidade ≥ 20 cm. Entretanto, com relação ao teor mínimo de P trocável (pelo extrator Melich-I) ≥ 30 mg kg⁻¹ em pelo menos um dos subhorizontes Au, o P5 (antrópico, sob floresta) foi a exceção uma vez que os teores de P foram inferiores a 10 mg kg⁻¹, não permitindo assim que o horizonte superficial fosse diagnosticado como A antrópico.

Tabela 21. Classificação dos perfis de solos do sul do estado de Rondônia segundo o SiBCS e o WRB.

Perfil	Classificação dos Solos	
	SiBCS, 2014	WRB, 2014
P1	LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico antrópico	Pretic Anthrosol (Eutric, Loamic)
P2	ARGISSOLO VERMELHO Eutrófico latossólico antrópico	Pretic Anthrosol (Eutric, Loamic)
P3	ARGISSOLO VERMELHO Eutrófico abrupto petroplântico antrópico ¹	Lixic Pretic Rhodic Ferralsol (Eutric) ¹
P4	LATOSSOLO AMARELO Distrófico antrópico	Pretic Anthrosol (Epieutric, Loamic)
P5	LATOSSOLO AMARELO Distrófico antrópico	Xanthic Ferralsol (Clayic, Epieutric)
P6	LATOSSOLO AMARELO Eutrófico antrópico	Xanthic Ferralsol (Clayic, Eutric)
P7	LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico	Xanthic Ferralsol (Clayic, Dystric)

¹ Classificação segundo o Guia da XI RCC - Rondônia (informação pessoal de Lúcia Anjos)

Destaca-se ainda, que no SiBCS o subgrupo antrópico não é identificado nas classes LATOSSOLO AMARELO Eutrófico, LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico, ARGISSOLOS VERMELHOS Eutrófico latossólico, ou mesmo nos ARGISSOLOS VERMELHOS Eutrófico abrupto petroplântico antrópico, sendo portanto, os perfis P1, P2, P3, e P6, classes novas propostas para o SiBCS. Considera-se para tal, que uma vez que o subgrupo antrópico é utilizado em outras classes, pode ser aplicado nesses perfis uma vez identificado, devendo ser validado para inclusão definitiva no SiBCS.

Os perfis P4 e P5 não constituem novas classes pois os LATOSSOLOS AMARELOS Distrófico antrópico já estão inclusos na quarta edição.

No SiBCS (Santos et al., 2014), embora se reconheça o horizonte “A” Antrópico e algumas poucas classes de solo onde esse horizonte ocorre, sua expressão como atributo diferencial é limitada a níveis subordinados (subgrupo). Entretanto, é necessário reconhecer a influência humana na modificação da paisagem, do meio ambiente e na formação dos solos, sendo que nos solos com horizontes antrópicos as modificações ocasionadas no solo pela atividade humana (fator organismo) constituem um processo pedogenético relevante. Em reconhecimento do termo “*Anthrosolization*”, proposto por Bockheim & Gennadiyev (2000), como um processo pedogenético específico de formação, o WRB criou a classe dos “Anthrosols”. Já no SiBCS o reconhecimento da ação antropica como um processo pedogenético específico, enfatizando-se a influência da atividade humana na pedogênese, carece de adequação na forma de representação desses solos em nível hierárquico superior.

5 CONCLUSÕES

Os perfis identificados como horizontes antrópicos no sul do estado de Rondônia apresentaram, em geral, atributos similares aos solos antrópicos identificados como TPIs em outras regiões da Amazônia, tais como: cores escuras dos horizontes Au, altos teores de carbono orgânico, elevada CTC em superfície, valores de P, Ca e Mg em geral elevados, e presença de artefatos e carvão nos horizontes Au.

Os estoques de C e N até a profundidade de 1,0 m nos solos antrópicos variaram de 140,2 a 298,2 Mg ha⁻¹ e de 10,6 a 17,3 Mg ha⁻¹, respectivamente, e foram mais elevados que em perfil de solo adjacente não antrópico (108,5 Mg ha⁻¹ de C e 7,7 Mg ha⁻¹ de N).

As análises de variação isotópica de carbono (C¹³) e datação de carbono (C¹⁴) em amostras de carvão de horizontes antrópicos mostraram tendências variadas em função da vegetação prévia por graminóides nos P2, P4, P5, P6 e P7 (provavelmente campos ou cerrado) e idades entre 940± 40 e 1230 ± 60 anos AP.

Os ácidos húmicos dos horizontes antrópicos apresentaram maiores conteúdos relativos de carbono aromático (32,4 a 45,4%) em relação a solo adjacente não antrópico (25,2 a 27,0%), sendo essa maior aromaticidade principalmente atribuída à compostos de carbono arila H-R.

Quanto a classificação dos solos, os perfis estudados foram identificados como Latossolos ou Argissolos (P2 e P3), em função da existência ou não de gradiente textural suficiente para caracterizar o B textural, em sua maioria Amarelos, e Eutróficos ou Distróficos com caráter epieutrófico (P4 e P5). A exceção dos perfis, P4, P5 e P7, os demais representam propostas de novas classes no SiBCS em nível de subgrupo.

Quanto ao horizonte diagnóstico superficial, segundo os critérios do SiBCS (Santos et al., 2014), todos os perfis de antrópicos apresentam horizonte diagnóstico A antrópico. Já no WRB, o requisito de espessura mínima para classificação dos Anthrosols ≥ 50 cm, só foi atendido nos perfis P1, P2 e P4, sendo o horizonte Pretic também identificado no P3 (classificado como Ferrasol).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A identificação dos solos antrópicos da Amazônia no Sistema Brasileiro de Classificação (SiBCS) apenas no nível de subgrupo não é satisfatória. Além de não permitir adequada representação geográfica nos levantamentos de solos em escalas de menor detalhe, comuns no ambiente Amazônico, as modificações de ordem antrópica podem levar a identificação de gradiente de argila que não são resultantes de processos associados a formação do B textural, como ocorre nos perfis P2 e P3.

Além disso, a diferenciação de ordem e subordem tem como base os principais fatores de formação e processos pedogenéticos, o que não acontece nos solos antrópicos, uma vez as classificações não expressam a importância do fator organismos (homem) e o processo de adição de materiais que levou a formação desses solos.

Ainda, outros solos também originados de ação antrópica, identificados como Sambaquis e Aterros, apresentam importância considerável e hoje não são adequadamente classificados no SiBCS. Desse modo, os solos antrópicos deveriam ser incluídos em classe própria em alto nível categórico, cujos critérios englobem as especificidades e importância desses solos. A exemplo do que é feito no WRB. Para tal, é relevante criar banco de dados que permita avaliar a variabilidade de atributos diagnósticos nesses solos e assim propor critérios para uma nova classe de solos em nível categórico elevado no SiBCS.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. D. M.; SPAROVEK, G. Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2014.
- ALVES, W. B. Sobre a Datação por Decaimento Radioativo. **Connectionline**, v. 5, p. 33–43, 2010.
- ARAÚJO, S. R.; SÖDERSTRÖM, M.; ERIKSSON, J.; ISENDAHL, C.; STENBORG, P.; DEMATTÊ, J. M. Determining soil properties in Amazonian Dark Earths by reflectance spectroscopy. **Geoderma**, v. 237–238, p. 308–317, 2015.
- ARRUDA, M. R. De; TEIXEIRA, W. G. Utilização de Resíduos de Carvão Vegetal Associado a Fontes Orgânicas de Nutrientes no Manejo Sustentável do Solo e do Guaranazeiro (*Paullinia cupana* var . *sorbilis* (Mart .) Ducke) na Amazônia Central. **As terras pretas de índio na Amazônia: sua caracterização e uso deste conhecimento na criação de novas áreas**, n. 1992, p. 306–313, 2007.
- BAES, A.U. & BLOOM, P.R. Diffuse reflectance and transmission fourier transform infrared (DRIFT) spectroscopy of humic and fulvic acids. **Soil Science Society American Journal**, v. 53, p. 695-700, 1989.
- BALEE, W. Amazonian Dark Earths. **Tipití: Journal of the Society for the Anthropology of Lowland South America**, v. 8, n. 1, 2010.
- BARANCIKOVA, G.; SENESI, N.; BRUNETTI, G. Chemical and spectroscopic characterization of humic acids isolated from different Slovak soil types. **Geoderma**, v.78, p.251-266, 1997.
- BARROS, K. R. M.; LIMA, H. V.; CANELLAS, L. P.; KERN, D. C. Fracionamento químico da matéria orgânica e caracterização física de Terra Preta de Índio Chemical fractionation of organic matter and physical characterization of amazonian dark earth. **R. Cienc. Agrar.**, v. 55, p. 44–51, 2012.
- BARROW, C. J. Biochar: Potential for countering land degradation and for improving agriculture. **Applied Geography**, v. 34, p. 21–28, 2012.
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J. MARTIN-NETO, L. & ERNANI, P.R. Stocks and humification degree of organic matter fractions as affected by no-tillage on a subtropical soil. **Plant Soil**, v. 238, p.133-140, 2002.
- BEAUDETTE, D. E.; ROUDIER, P.; GEEN, A. T. O. Algorithms for quantitative pedology: A toolkit for soil scientists. **Computers and Geosciences**, v. 52, p. 258–268, 2013.
- BENITES, V. D. M.; MENDONÇA, E. D. S.; SCHAEFER, C. E. G. R.; NOVOTNY, E. H.; REIS, E. L.; KER, J. C. Properties of black soil humic acids from high altitude rocky complexes in Brazil. **Geoderma**, v. 127, n. 1–2, p. 104–113, 2005.
- BENITES, V. D. M.; TEIXEIRA, W. G.; REZENDE, M. E.; PIMENTA, A. S. Utilização de Carvão e Subprodutos da Carbonização Vegetal na Agricultura: Aprendendo com as Terras Pretas de Índio. **As Terras Pretas de Índio da Amazônia: Sua Caracterização e Uso deste Conhecimento na Criação de Novas Áreas**, p. 285–296, 2009.
- BOCKHEIM, J. G.; GENNADIYEV, A. N. The role of soil-forming processes in the definition of taxa in Soil Taxonomy and the World Soil Reference Base. **Geoderma**, v. 95, n. 1–2, p. 53–72, 2000.
- BUBERT, H.; JANNET, H. Ultraviolet Photoelectron Spectroscopy (UPS). **Wiley-VCH**, v. 4, p. 32–50, 2002.

- BUENO, L.; DIAS, A. Povoamento inicial da América do Sul: contribuições do contexto brasileiro. **Estudos Avançados**, v. 29, n. 83, p. 119–147, abr. 2015.
- CAMPOS, M. C. C.; RIBEIRO, M. R.; SEVERINO, V.; VALDOMIRO, S. únior; RIBEIRO FILHO, M. R.; SOUZA, R. V. C. C.; ALMEIDA, M. C. Caracterização e classificação de terras pretas arqueológicas na Região do Médio Rio Madeira. **Bragantia**, v. 70 n.3, n. 2011, p. 598–609, 2010.
- CAMPOS, M. C. C.; SANTOS, L. A. C.; MARCELO, D.; MANTOVANELLI, B. C.; DAYRON, M.; SOARES, R. Caracterização física e química de terras pretas arqueológicas e de solos não antropogênicos na região de Manicoré , Amazonas Material e métodos. p. 102–109, 2012.
- CANELLAS, L.C. & SANTOS, G.A. **Humosfera: Tratado preliminar sobre a química das substâncias húmicas**. 309p. Campos dos Goytacazes, 2005.
- CERETTA, C. A.; BAYER, C.; DICK, D. P., MARTINS-NETO, L., COLNAGO, L. A. Métodos espectroscópicos. *In*: SANTOS, G. de A.; CAMARGO, F. A. O. (Eds) Fundamentos da matéria orgânica: ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre. **Gênesis**, p. 201-228. 2008.
- CHENG, B.T. Soil organic matter as a plant nutrient. *In*: Symposium on soil organic matter studies. **Soil organic matter studies**. Austria: IEA, p. 31-39. 1997.
- CLEMENT, C. R.; DENEVAN, W. M.; HECKENBERGER, M. J.; JUNQUEIRA, B.; NEVES, E. G.; TEIXEIRA, W. G.; WOODS, W. I.; ANDRE, A.; CLEMENT, C. R. The domestication of Amazonia before European conquest. **Proc. R. Soc. B**, 2015.
- COSTA, J. A.; DA COSTA, M. L.; KERN, D. C. Analysis of the spatial distribution of geochemical signatures for the identification of prehistoric settlement patterns in ADE and TMA sites in the lower Amazon Basin. **Journal of Archaeological Science**, v. 40, n. 6, p. 2771–2782, 2013.
- CPRM, serviço geológico do brasil. Mapa Geológico do Estado de Rondônia. p. 63, 1999.
- CUNHA, T. J. F.; MADARI, B. E.; BENITES, V. D. M.; CANELLAS, L. P.; NOVOTNY, E. H.; MOUTTA, R. D. O.; TROMPOWSKY, P. M.; SANTOS, G. D. A. Fracionamento químico da matéria orgânica e características de ácidos húmicos de solos com horizonte a antrópico da amazônia (Terra Preta). **Acta Amazonica**, v. 37, n. 1, p. 91–98, 2007.
- CUNHA, T. J. F.; MADARI, B. E.; CANELLAS, L. P.; RIBEIRO, L. P.; BENITES, V. D. M.; SANTOS, G. D. A. Soil organic matter and fertility of anthropogenic dark earths (Terra Preta de Índio) in the Brazilian Amazon basin. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 1, p. 85–93, 2009a.
- CUNHA, T. J. F.; NOVOTNY, E. H.; MADARI, B. E.; BENITES, V. D. M.; MARTIN-NETO, L.; SANTOS, G. D. A. O Carbono Pirogênico. **As Terras Pretas de Índio da Amazônia: Sua Caracterização e Uso deste Conhecimento na Criação de Novas Áreas**, p. 263–284, 2009b.
- DA COSTA, M. L.; KERN, D. C. Geochemical signatures of tropical soils with archaeological black earth in the Amazon, Brazil. **Journal of Geochemical Exploration**, v. 66, n. 1–2, p. 369–385, 1999.
- DIAS, B. de O.; SILVA, C. A.; SOARES, E. M. B.; BETTIOL, W.; GUERREIRO, M. C.; BELIZÁRIO, M. H. Infravermelho na caracterização de ácidos húmicos de latossolo sob efeito de uso contínuo de lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo**, v. 33, n. 4, p. 885–894, 2009.

- DICK, D. P.; NOVOTNY, E. H. Contribuição da espectroscopia de ressonância magnética nuclear para a Ciência do Solo. **Boletim informativo da SBCS**, p. 44–47, 2015.
- DIEGUEZ, C. M. T.; MONTANHEIRO, L. V.; CLETO, L. B.; BONFIM, M. J. C. Os fundamentos quânticos da Ressonância Magnética Nuclear. **R. Bras. Ens. Física**, v. 40, p. 1–9, 2018.
- DONAGEMMA, G. K.; CAMPOS, D. V. B. de; CALDERANO, S. B.; TEIXEIRA, W. G.; VIANA, J. H. M. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. [s.l.: s.n.].
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro, 212 p, 1997.
- FAVORETTO, C. M. Caracterização Da Matéria Orgânica Humificada De Um Latossolo Vermelho Distrófico Através Da Espectroscopia De Fluorescência Induzida Por Laser. **Dissertação**, 2007.
- FRANCISCO, J. A. S.; LIMA, A. A.; ARÇARI, D. P. Datação por carbono – 14. **Anais - UNIFIA**, p. 1–11, 2002.
- FRASER, J. a.; JUNQUEIRA, a. B.; CLEMENT, C. R. Homegardens on Amazonian Dark Earths, Non-anthropogenic Upland, and Floodplain Soils along the Brazilian Middle Madeira River Exhibit Diverging Agrobiodiversity. **Economic Botany**, v. 65, n. 1, p. 1–12, 2011.
- FRASER, J. a; CLEMENT, C. R. Dark Earths and manioc cultivation in Central Amazonia: a window on pre-Columbian agricultural systems? Terras Pretas e o cultivo de mandioca na Amazônia Central : uma janela para os sistemas agrícolas pré-colombianos ? **Bol. Mus. Par. Emilio Goeldi**, v. 3, n. 2, p. 175–194, 2008.
- FRASER, J.; TEIXEIRA, W.; FALCÃO, N.; WOODS, W.; LEHMANN, J.; JUNQUEIRA, A. B. Anthropogenic soils in the Central Amazon: From categories to a continuum. **Area**, v. 43, n. 3, p. 264–273, 2011.
- FREIRE, L. R.; BALIEIRO, F. de C.; ZONTA, E.; ANJOS, L. H. C. dos; PEREIRA, M. G.; LIMA, E.; GUERRA, J. G. M.; FERREIRA, M. B. C.; LEAL, M. A. de A.; CAMPOS, D. V. B. de. Manual de calagem e adubação do Estado do Rio de Janeiro. **Brasília, DF: Embrapa; Seropédica: Universidade Rural do Rio de Janeiro**, v. 1, p. 480, 2013.
- GLASER, B. Prehistorically modified soils of central Amazonia: a model for sustainable agriculture in the twenty-first century. **Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences**, v. 362, n. 1478, p. 187–196, 2007.
- GLASER, B.; BALASHOV, E.; HAUMAIER, L.; GUGGENBERGER, G.; ZECH, W. Black carbon in density fractions of anthropogenic soils of the Brazilian Amazon region. **Organic Geochemistry**, v. 31, p. 669–678, 2000.
- GLASER, B.; BIRK, J. J. State of the scientific knowledge on properties and genesis of Anthropogenic Dark Earths in Central Amazonia (terra preta de Índio). **Geochimica et Cosmochimica Acta**, v. 82, p. 39–51, 2012.
- GLASER, B.; HAUMAIER, L.; GUGGENBERGER, G.; ZECH, W. The “Terra Preta” phenomenon: A model for sustainable agriculture in the humid tropics. **Naturwissenschaften**, v. 88, n. 1, p. 37–41, 2001.
- GOMES, E. T. M.; BERBARA, R. L. L.; PEREIRA, M. G.; URQUIAGA, S. S.; TAVARES, O. C. H.; ASSUNÇÃO, S. A.; ZONTA, E.; DO AMARAL SOBRINHO, N. M. B.; GARCÍA, A. C. Effects of farmed managements in sandy soils on composition and stabilization of soil humic substances. **Land Degradation and Development**, v. 29, n. 1, p. 68–79, jan. 2018.
- GONZÁLEZ-PÉREZ, J. a; GONZÁLEZ-VILA, F. J.; ALMENDROS, G.; KNICKER, H. The

effect of fire on soil organic matter--a review. **Environment international**, v. 30, n. 6, p. 855–870, 2004.

GOUVEIA, S. E. M.; PESSEDA, L. C. R.; ARAVENA, R. Datação da Fração Humina da Matéria Orgânica do Solo e Sua Comparação com Idades ¹⁴C de Carvões Fósseis. **Química Nova**, v. 22, n. 6, p. 810–814, 1999.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Mapas 2014. Disponível em: <<https://mapas.ibge.gov.br/>> Acesso em: 19 de novembro de 2016.

IUSS WORKING GROUP, W. **World reference base for soil resources 2014. international soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps**. World Soil ed. Rome: FAO, 2014.

KABALA, C.; GALKA, B.; LABAZ, B.; ANJOS, L. H. C.; CAVASSANI, R. D. S. Towards more simple and coherent chemical criteria in a classification of anthropogenic soils: A comparison of phosphorus tests for diagnostic horizons and properties. **Geoderma**, v. 320, n. November 2017, p. 1–11, 2018.

KÄMPF, N.; WOODS, W. I.; KERN, D. C.; CUNHA, T. J. Classificação das Terras Pretas de Índio e Outros Solos Antrópicos Antigos. **As Terras Pretas de Índio da Amazônia: Sua Caracterização e Uso deste Conhecimento na Criação de Novas Áreas**, n. 1999, p. 87–102, 2009.

KÄMPF, N. O ferro no solo. In: REUNIÃO SOBRE FERRO EM SOLOS INUNDADOS, 1., Goiânia, 1988. **Anais**. Goiânia, EMBRAPA/CNPAF (Documentos, 22), 1988.

KAWA, N.; OYUELA-CAYCEDO, a. Amazonian Dark Earth: A Model of Sustainable Agriculture of the Past and Future? **the International Journal of Environmental, Cultural, Economic and Social Sustainability**, v. 4, n. 3, 2008.

KERN, D. C.; KAMPF, N.; WOODS, W. I.; DENEVAN, W. M.; COSTA, M. L. da; FRAZÃO, F. J. L. Evolução do Conhecimento em Terra Preta de Índio. **As Terras Pretas de Índio da Amazônia: Sua Caracterização e Uso deste Conhecimento na Criação de Novas Áreas**, n. 2003, 2009.

LEHMANN, J.; PEREIRA DA SILVA, J.; STEINER, C.; NEHLS, T.; ZECH, W.; GLASER, B. Nutrient availability and leaching in an archaeological Anthrosol and a Ferralsol of the Central Amazon basin: fertilizer, manure and charcoal amendments. **Plant and Soil**, v. 249, p. 343–357, 2003.

LEITE, D. de O.; PRADO, R. J. Espectroscopia no infravermelho: uma apresentação para o Ensino Médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 34, n. 2, 2012.

LIANG, B.; LEHMANN, J.; SOHI, S. P.; THIES, J. E.; O'NEILL, B.; TRUJILLO, L.; GAUNT, J.; SOLOMON, D.; GROSSMAN, J.; NEVES, E. G.; LUIZÃO, F. J. Black carbon affects the cycling of non-black carbon in soil. **Organic Geochemistry**, v. 41, n. 2, p. 206–213, 2010.

LIANG, B.; LEHMANN, J.; SOLOMON, D.; KINYANGI, J.; GROSSMAN, J.; O'NEILL, B.; SKJEMSTAD, J. O.; THIES, J.; LUIZÃO, F. J.; PETERSEN, J.; NEVES, E. G. Black Carbon Increases Cation Exchange Capacity in Soils. **Soil Science Society of America Journal**, v. 70, n. 5, p. 1719, 2006.

LIANG, B.; LEHMANN, J.; SOLOMON, D.; SOHI, S.; THIES, J. E.; SKJEMSTAD, J. O.; LUIZÃO, F. J.; ENGELHARD, M. H.; NEVES, E. G.; WIRICK, S. Stability of biomass-derived black carbon in soils. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, v. 72, n. 24, p. 6069–6078, 2008.

LIANG, B.; WANG, C.; SOLOMON, D.; KINYANGI, J.; LUIZ, F. J.; WIRICK, S.;

- SKJEMSTAD, J. O.; LEHMANN, J. Oxidation is Key for Black Carbon Surface Functionality and Nutrient Retention in Amazon Anthrosols. **British Journal of Environment and Climate Change**, v. 3, n. 1, p. 9–23, 2013.
- LIMA, H. N. mineralogia e micromorfologia de solos da Amazônia Ocidental. **Química**, p. 176, 2001.
- LIMA, H. N.; SCHAEFER, C. E. R.; MELLO, J. W. V.; GILKES, R. J.; KER, J. C. Pedogenesis and pre-Colombian land use of “Terra Preta Anthrosols” (“Indian black earth”) of Western Amazonia. **Geoderma**, v. 110, n. 1–2, p. 1–17, 2002.
- LIMA, M.; RIOS, G. M.; MARIA, M.; JHOLY, G. Mineralogia e química de fragmentos cerâmicos arqueológicos em sítio com Terra Preta da Amazônia Colombiana. **Revista Escola de Minas**, v. 64, p. 17–23, 2011.
- LOMBARDO, U.; SZABO, K.; CAPRILES, J. M.; MAY, J.; AMELUNG, W.; HUTTERER, R.; LEHNDORFF, E.; PLOTZKI, A.; VEIT, H. Early and Middle Holocene Hunter-Gatherer Occupations in Western Amazonia : The Hidden Shell Middens. **PLoS ONE**, v. 8, n. 8, 2013.
- MACARIO, K.; ALVES, E. Q. Efeito de reservatório marinho na costa do Brasil. **Quaternary and Environmental Geosciences**, v. 9, n. 1, 2018.
- MADARI, B. E.; CUNHA, T. J.; NOVOTNY, E. H.; MILORI, D. M. B. P.; MARTIN NETO, L.; BENITES, V. D. M.; COELHO, M. R.; SANTOS, G. D. A. Matéria Orgânica dos Solos Antrópicos da Amazônia (Terra Preta de Índio): Suas Características e Papel na Sustentabilidade da Fertilidade do Solo. **EMBRAPA Amazônia Ocidental**, p. 420, 2009.
- MANGRICH, A. S.; MAIA, C. M. B. F.; NOVOTNY, E. H. Biocarvão - As terras pretas de índios e o sequestro de carbono. **Ciência Hoje**, v. 47, n. 281, p. 48–52, 2011.
- MAO, J.; CAO, X.; OLK, D. C.; CHU, W.; SCHMIDT-ROHR, K. Advanced solid-state NMR spectroscopy of natural organic matter. **Progress in Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy**. Elsevier B.V., , 2017. .
- MAO, J. D.; JOHNSON, R. L.; LEHMANN, J.; OLK, D. C.; NEVES, E. G.; THOMPSON, M. L.; SCHMIDT-ROHR, K. Abundant and stable char residues in soils: Implications for soil fertility and carbon sequestration. **Environmental Science and Technology**, v. 46, n. 17, p. 9571–9576, 2012.
- MATHERS, N. J.; MAO, X. A.; XU, Z. H.; SAFFIGNA, P. G.; BERNERS-PRICE, S. J.; PERERA, M. C. S. Recent advances in the application of ¹³C and ¹⁵N NMR spectroscopy to soil organic matter studies. **Australian Journal of Soil Research**, v. 38, p. 769–787, 2000.
- MEGGERS, B. J. Environmental Limitation on the development of culture. **American Anthropologist**, v. 56, n. 5, p. 801–824, 1954.
- MEHLICH, A. Mehlich-3 soil test extractant: A modification of Mehlich-2 extractant. **Comm. Soil Sci. Plant Anal.**, 15:1409-1416, 1984.
- MENDOZA, E. M. O. CARBONO ORGÂNICO E NUTRIENTES EM SOLOS ANTRÓPICOS E ADJACENTES SOB FLORESTA SECUNDÁRIA NA AMAZÔNIA CENTRAL. **Dissertação de mestrado**, 2011.
- MERLIN, N.; NOGUEIRA, B. A.; DE LIMA, V. A.; DOS SANTOS, L. M. Application of fourier transform infrared spectroscopy, chemical and chemometrics analyses to the characterization of agro-industrial waste. **Química Nova**, v. 37, n. 10, p. 1584–1588, 2014.
- MONTEIRO, K. F. G.; KERN, D. C.; RUIVO, M. D. L. P.; RODRIGUES, T. E.; FARIAS, P. R. S.; COSTA, M. L. Da; FRAZÃO, F. J. L.; ROCHA, J. B. Da; SILVEIRA, I. M. Da; QUARESMA, H. D. B.; COMETTI, J. L. S. Uso de resíduos vegetais no solo: subsídios para a formação de terra preta nova em Tailândia (PA). **As terras pretas de índio na Amazônia:**

sua caracterização e uso deste conhecimento na criação de novas áreas. Kern 1996, p. 314–327, 2009.

MORAES, C. P.; NEVES, E. G. O ano 1000: Adensamento populacional, interação e conflito na Amazônia central. **Amazônica**, v. 4, n. 2012, p. 1–12, 2018.

MOREIRA, A. Fertilidade, matéria orgânica e substâncias húmicas em solos antropogênicos da Amazônia Ocidental. **Bragantia**, v. 66, n. 2, p. 307–315, 2007.

MOREIRA, A.; TEIXEIRA, W. G.; MARTINS, G. C.; FALCÃO, N. P. D. S. Métodos de Caracterização Química de Amostras de Horizontes Antrópicos das Terras Pretas de Índio. **As terras pretas de índio na Amazônia: sua caracterização e uso deste conhecimento na criação de novas áreas**, p. 201–211, 2009.

Nadelhoffer, K. J.; Fry, B. Nitrogen isotope studies in forest ecosystems. In: Lajtha, K.; Michener, R. H. (ed.). *Stable isotopes in ecology and environmental science*. Oxford: **Blackwell Scientific Publications**, 137p, 1994.

NÄTHER, K.; LEVIA, D. F.; STEFFENS, M.; MICHALZIK, B. Solid-state¹³C NMR characterization of surface fire effects on the composition of organic matter in both soil and soil solution from a coniferous forest. **Geoderma**, v. 305, n. November 2016, p. 394–406, 2017.

NEVES JUNIOR, A. F. **Qualidade física de solos com horizonte antrópico (terra preta de índio) na amazônia central piracicaba.** 2008.

NIEMEYER, J.; CHEN, Y.; BOLLAG, M. J. Characterization of Humic Acids, Composts, and Peat by Diffuse Reflectance Fourier-Transform Infrared Spectroscopy. **Soil Science Society of America Journal**, v. 56, n. i, p. 135–140, 1992.

NOVOTNY, E. H.; DEAZEVEDO, E. R.; BONAGAMBA, T. J.; CUNHA, T. J. F.; MADARI, B. E.; BENITES, V. D. M.; HAYES, M. H. B. Studies of the compositions of humic acids from Amazonian Dark Earth soils. **Environmental Science and Technology**, v. 41, n. 2, p. 400–405, 2007.

NOVOTNY, E. H.; HAYES, M. H. B.; MADARI, B. E.; BONAGAMBA, T. J.; DEAZEVEDO, E. R.; DE SOUZA, A. A.; SONG, G.; NOGUEIRA, C. M.; MANGRICH, A. S. Lessons from the Terra Preta de Índios of the Amazon Region for the utilisation of charcoal for soil amendment. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, 2009.

NUNES, R. de S.; LOPES, A. A. de C.; DE SOUSA, D. M. G.; MENDES, I. de C. Sistemas de manejo e os estoques de carbono e nitrogênio em latossolo de cerrado com a sucessão soja-milho. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo**, v. 35, n. 4, p. 1407–1419, 2011.

OLSEN, S. R.; COLE, C. V.; WATANABE, F. S.; DEAN, L. A. Estimation of Available Phosphorus in Soils by Extraction With Sodium Bicarbonate. **US Department of Agriculture**, v. 939, p. 1–19, 1954.

PEREIRA, M. G. **Formas de fe , al e mn como índices de pedogênese e adsorção de fósforo em solos do estado do Rio de Janeiro.** Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro , Seropédica. 1996.

PEREZ, G.; DAS, K. C.; ADAMS, T. T. Conversão Termoquímica de Biomassa em Biorefinarias. **As Terras Pretas de Índio da Amazônia: Sua Caracterização e Uso deste Conhecimento na Criação de Novas Áreas**, n. 2003, p. 328–335, 2009.

PESSENDA, L. C. R.; GOUVEIA, S. E. M.; LISI, C. S. Técnicas e Aplicações em Estudos. **Livro didático**, 2004.

PESSOA JUNIOR, E. S. F.; SOUZA, W. B. de; SOUZA, K. S. de; PIO, M. C. S.; SANTANA, G. P. Terra preta de índio na região amazônica. **Scientia Amazonia**, v. 1 n.1, p.

1–8, 2012.

PIPERNO, D. R. Aboriginal agriculture and land usage in the Amazon Basin, Ecuador. **Journal of Archaeological Science**, v. 17, n. 6, p. 665–677, 1990.

PRESTON, C. M. Applications of NMR to soil organic matter analysis: History and prospects. **Soil Science**, v. 161, p.144-166, 1996.

PRETSCH, E.; BÜHLMANN, P.; BADERTSCHER, M. Structure Determination of Organic Compounds. In: **Organic Chemistry**. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc., 2009. p. 332–394.

PROGRAM, T. P. **Anthropogenic soils in central amazonia: farmers' practices, agrobiodiversity and land-use patterns**. [s.l: s.n.].

RESENDE, M. & SANTANA, D.P. Uso das relações Ki e Kr na estimativa da mineralogia para a classificação dos Latossolos. In: **Reunião de classificação, correlação de solos e interpretação de aptidão agrícola**, 3., Rio de Janeiro, 1988. Anais p.225-232. Rio de Janeiro, Embrapa – SNLCS, SBCS, 1988.

ROSSI, C. Q. **Matéria orgânica do solo e fósforo orgânico em cronossequência de cana-de-açúcar cultivada no cerrado**. 2013. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2013.

ROSSI, C. Q. **Matéria Orgânica do Solo e Fósforo Orgânico em Cronossequência de Cana-de-Açúcar Cultivada no Cerrado**. 2013. 89f. Tese (Doutorado em Agronomia, Ciência do Solo). Instituto de Agronomia, Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, Rio de Janeiro. 2013.

ROSSI, C. Q.; PEREIRA, M. G.; GARCÍA, A. C.; BERBARA, R. L. L.; GAZOLLA, P. R.; PERIN, A.; GONZÁLEZ, A. P. Effects on the composition and structural properties of the humified organic matter of soil in sugarcane strawburning: A chronosequence study in the Brazilian Cerrado of Goiás State. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 216, p. 34–43, 2016.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. Á.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. [s.l: s.n.]

SANTOS, L. A. C.; CAMPOS, M. C. C.; DE AQUINO, R. E.; BERGAMIN, A. C.; DA SILVA, D. M. P.; MARQUES JUNIOR, J.; FRANÇA, A. B. C. Caracterização de terras pretas arqueológicas no sul do Estado do Amazonas. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo**, v. 37, n. 4, p. 825–836, 2013.

SANTOS, E. A.; KLIEMANN, H. J. Disponibilidade de fósforo de fosfatos naturais em solos de Cerrado e sua avaliação por extratores químicos. **Revista Agropecuária Tropical**, v. 35, p.139-146, 2005.

SCHEEL-YBERT, R. CONSIDERAÇÕES SOBRE O MÉTODO DE DATAÇÃO PELO CARBONO-14 E ALGUNS COMENTÁRIOS SOBRE A DATAÇÃO DOS SAMBAQUIS. **Rev. do Museu de Arqueologia e Etnologia**, v. 9, p. 297–301, 1999.

SCHWERTMANN, U. Inhibitory effect of soil organic matter on the crystallization of amorphous ferric hydroxide. **Nature**, 212:645-646, 1966.

SILVA, F. W. R.; LIMA, H. N.; TEIXEIRA, W. G.; MOTTA, M. B.; SANTANA, R. M. Caracterização química e mineralogia de solos antrópicos (terras pretas de índio) na Amazônia central. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo**, v. 35, n. 3, p. 673–681, 2011.

SILVERSTEIN, R. M.; BASSLER, G. C.; MORRIL, T.C. Identificação espectrométrica de compostos orgânicos. **Guanabara-Koogan**. Rio de Janeiro, 387p. 1994.

- SMITH, N. J. H. Anthrosols and Human Carrying Capacity in Amazonia*. **Annals of the Association of American Geographers**, v. 70, n. 4, p. 553–566, 1980.
- SOARES, R. **Agregação e distribuição da matéria orgânica em solos de terra preta de índio da amazônia**. 2007. Universidade Federal Fluminense, 2007.
- SOMBROEK, W.; KERN, D.; RODRIGUES, T.; CRAVO, M. D. S.; CUNHA, T. J. F.; WOODS, W.; GLASER, B. Terra preta e terra mulata: suas potencialidades agrícolas, suas sustentabilidades e suas reproduções. **As Terras Pretas de Índio da Amazônia: Sua Caracterização e Uso deste Conhecimento na Criação de Novas Áreas**, p. 251–257, 2009.
- STEINER, C.; TEIXEIRA, W. G.; NARAYAN, S.; MAJOR, J.; LEHMANN, J.; ZECH, W.; BLUM, W. E. H. Corte e Carbonização como uma Alternativa ao Corte e Queima : Estudos na Amazônia. **As Terras Pretas de Índio da Amazônia: Sua Caracterização e Uso deste Conhecimento na Criação de Novas Áreas**, n. Fearnside 1997, p. 298–305, 2009.
- STEVENSON, F.J. **Humus chemistry: genesis, composition, reactions**. New York: J. Wiley, 496p, 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*. Madison: Soil Science Society of America: American Society of Agronomy, (**Soil Science Society of America Book Series**, 5). Part 3. Chemical methods. p.1011-1020, 1996.
- TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. 2.ed. Porto Alegre: UFRGS, (Boletim técnico de solos, 5) 174p.1995.
- TEIXEIRA, M. B. **Análise do impacto ambiental de unidades agropecuárias. Estudo de caso: microbacia do rio pinhal, santa catarina**. 2012.
- THE R FOUNDATION. **R: The R Project for Statistical Computing**. Vienna: The R Foundation, 2013. Disponível em: <www.r-project.org/> Acesso em: 15 nov. 2015.
- TONY JARBAS FERREIRA CUNHA. **Ácidos Húmicos de Solos Escuros da Amazônia**. Tese de doutorado, p. 138, Federal Rural do Rio de Janeiro, 2005.
- WOODS, W. Os Solos e as Ciências Humanas : Interpretação do Passado. In: **As Terras Pretas de Índio da Amazônia: Sua Caracterização e Uso deste Conhecimento na Criação de Novas Áreas**. [s.l: s.n.]p. 62–71.
- WOODS, W. I.; TEIXEIRA, W. G; LEHMANN, J.; STEINER, C.; WINKLERPRINS, A. M. G. A.; REBELATATO, L.; *Amazonian Dark Earths : Wim Sombroek ' s Vision* A. **Springer**, Netherlands, 2009.
- YEOMANS, J.C. & BREMNER, J.M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Communications Soil Science and Plant Analysis**, v. 19, p.1467-1476, New York 1988.

8 ANEXOS

Descrição dos perfis no sul do estado de Rondônia

PERFIL: 1

A – DESCRIÇÃO GERAL

DATA: 11/09/2016

CLASSIFICAÇÃO: LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico antrópico, A antrópico, textura franco arenosa.

LOCALIZAÇÃO: Linha 11, do 1º para o segundo eixo. Dobrar a esquerda e seguir 14,2 km da entrada da linha 11, em estrada de terra, em direção ao Rio Guaporé (placas de pousadas). Seguir por mais 19,5 km até a entrada a direita antes do igarapé.

MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS: Município de Cabixi, Rondônia. 0742672 e 8493178 UTM, Datum horizontal: WGS 84.

SITUAÇÃO: Terraço fluvial

DECLIVE: 0-3% (plano)

ELEVAÇÃO:

LITOLOGIA: Sedimentos colúvio-aluviais e antrópicos

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Coberturas cenozoicas clásticas

MATERIAL ORIGINÁRIO: Sedimentos

PEDREGOSIDADE: Não Pedregosa

ROCHOSIDADE: Não rochoso

RELEVO LOCAL: Plano

RELEVO REGIONAL: Plano a suave ondulado

EROSÃO: Não aparente

DRENAGEM: Bem drenado

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Floresta Tropical Subcaducifolia

USO ATUAL: Pastagem de Braquiária (*Urochla decumbens*)

DESCRITO E COLETADO POR: Lúcia Helena Cunha dos Anjos e Rafael de Souza Cavassani.

B - DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

Aup - 0 a 13 cm, preto (7,5YR 2,5/1, úmido) e bruno muito escuro (7,5YR 2,5/2, seco); franco arenosa; moderada pequena granular; macio, muito friável, não plástica e não pegajosa; transição plana e gradual.

Au1 - 13-26 cm, preto (7,5YR 2,5/1, úmido) e cinzento muito escuro (7,5YR 3/1 seco); franco arenosa; moderada muito pequena e pequena granular; macio, muito friável, não plástica e não pegajosa; transição ondulada (24-28 cm) e clara.

Au2 - 26-47 cm, bruno-escuro (7,5YR 3/3 seco); bruno muito escuro (7,5YR 2/2 úmido); franco arenosa; moderada muito pequena granular; macio, muito pequena granular; muito friável, não plástica e não pegajosa; transição ondulada (45-49 cm) e gradual.

Au3 - 47-65 cm, bruno muito escuro (7,5YR 2,5/2 úmido) e bruno-escuro (7,5YR 3/2 seco); areia franca; fraca muito pequena granular; solta, solta, não plástica e não pegajosa; transição ondulada (63-66 cm) e difusa.

Au4 - 65-100 cm, cinzento muito escuro (7,5YR 3/1 úmido) e bruno-escuro (7,5YR 3/3 seco); areia franca; fraca muito pequena granular; solto, muito friável, não plástica e não pegajosa; transição irregular (80-120) e abrupta.

Bw1 - 100-140 cm, vermelho amarelado (5YR 4/6); mosqueado pouco, proeminente, bruno-escuro (7,5 YR 3/2); franco arenosa; moderada pequena e média blocos subangulares; macia, muito friável, não plástica e não pegajosa; transição plana e difusa.

Bw2 - 140 a 160⁺ cm, vermelho amarelado (5YR 4/6); franco arenosa; moderada pequena e média blocos subangulares; macia, muito friável, não plástica e não pegajosa.

RAÍZES- Abundantes e finas no horizonte Au1; comuns e finas Au2; poucas finas Au3, comuns e finas nos horizontes Au5, Bw1 e Bw2.

OBSERVAÇÕES- Presença de artefatos de cerâmica até 90 cm de profundidade (indicados por pinos de golfe) com maior concentração no 3º e 5º horizonte. Presença de mosqueados de cores escuras a amareladas, possivelmente relacionados a migração da matéria orgânica e alteração dos artefatos e do carvão.



Figura 14. Perfil 1 com horizonte A antrópico sob pastagem de *Urochla decumbens* no município de Cabixi – RO (esquerda) e sua localização na imagem de satélite do Google (direita).

Análises Físicas e Químicas

Perfil nº 1

Horizonte		Frações da amostra total g kg ⁻¹			Composição granulométrica da terra fina. g kg ⁻¹				Argila dispersa em água g kg ⁻¹	Grau de flocula ção %	Relação silte/ argila	Densidade kg dm ⁻³	
Horizonte	Profundid. cm	Calha us >20 mm	Cascalho 20-2 mm	Terra fina <2 mm	Areia grossa 2-0,2 mm	Areia fina 0,2- 0,05 mm	Silte 0,05- 0,002 mm	Argila <0,00 2 mm				Solo	Partícula
Aup	0-13			1000	476	278	145	101	30	70	1,44	1,22	2,50
Au1	13-26			1000	463	272	95	170	29	83	0,56	1,20	2,50
Au2	26-47			1000	406	324	164	106	23	78	1,55	1,36	2,60
Au3	47-65			1000	377	403	91	84	25	70	1,08	1,28	2,60
Au4	65-100			1000	500	310	90	100	39	61	0,90	1,11	2,60
Bw1	100-140			1000	312	191	332	165	49	70	2,01	1,16	2,53
Bw2	140-160+			1000	444	235	133	188	49	74	0,71	-	2,63
Horizonte	pH (1:2,5)		Complexo sortivo cmol _c kg ⁻¹								Valor V (sat.por bases) %	P assimilável mg kg ⁻¹	
	Água	KCl 1N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Valor S (soma)	Al ³⁺	H ⁺	Valor T (soma)			
Aup	6,0		7,00	1,90	0,06	0,00	8,96	0	2,74	11,70	77	157	
Au1	6,3		8,10	1,70	0,03	0,00	9,83	0	2,14	12,00	82	156	
Au2	6,7		4,90	1,20	0,01	0,01	6,12	0	0,94	7,10	87	260	
Au3	6,9		5,60	1,10	0,01	0,01	6,72	0	0,94	7,70	88	261	
Au4	6,9		5,20	1,10	0,01	0,01	6,32	0	0,84	7,20	88	452	
Bw1	6,7		3,40	0,70	0,01	0,00	4,11	0	0,74	4,90	85	77	
Bw2	6,8		3,10	0,90	0,00	0,00	4,00	0	0,54	4,50	88	75	

Horizonte	C (orgânico) g kg ⁻¹	N g kg ⁻¹	Relação C/N	Ataque sulfúrico g kg ⁻¹						Relações moleculares			Fe ₂ O ₃ livre g kg ⁻¹
				SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	SiO ₂ Al ₂ O ₃	SiO ₂ R ₂ O ₃	Al ₂ O ₃ Fe ₂ O ₃	
										(Ki)	(Kr)		
Aup	24,0	2,03	12	46	47	9	1,9			1,66	1,48	8,20	
Au1	20,7	1,93	11	46	43	10	2,1			1,82	1,58	6,75	
Au2	6,8	0,46	15	46	44	10	2,0			1,78	1,55	6,91	
Au3	10,0	0,56	18	44	45	10	2,0			1,66	1,46	7,06	
Au4	7,5	0,46	16	43	46	9	2,2			1,59	1,41	8,02	
Bw1	2,5	0,21	12	72	76	16	3,1			1,61	1,42	7,46	
Bw2	2,0	0,60	3	87	95	18	4,0			1,56	1,39	8,29	

Relação textural: 1,57

PERFIL: 2

A – DESCRIÇÃO GERAL

DATA: 10/09/2016

CLASSIFICAÇÃO: ARGISSOLO VERMELHO Eutrófico latossólico antrópico, A antrópico, B textural, textura franca a argila.

LOCALIZAÇÃO: Linha 10 da 1º para 2º eixo, km 5,3 (rumo ao Rio Escondido)

MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS: Município de Cabixi, Rondônia. 0760624/8512634 UTM, Datum horizontal: WGS 84.

SITUAÇÃO: Terraço fluvial

DECLIVE: 0-3% (plano)

ELEVAÇÃO: 245 m

LITOLOGIA: Sedimentos colúvio-aluviais e antrópicos

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Coberturas cenozoicas clásticas

MATERIAL ORIGINÁRIO: Sedimentos

PEDREGOSIDADE: Não Pedregosa

ROCHOSIDADE: Não rochoso

RELEVO LOCAL: plano

RELEVO REGIONAL: plano

EROSÃO: Não aparente

DRENAGEM: Bem drenado

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Floresta Tropical Subcaducifólia

USO ATUAL: Pastagem: Braquiária (*Urochla decumbens*)

DESCRITO E COLETADO POR: Rafael de Souza Cavassani; Lúcia Helena Cunha dos Anjos; Wilk Sampaio de Almeida e Romualdo de Oliveira.

B - DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

Aup - 0-14 cm, bruno-avermelhado-escuro (5YR 3/2, seca); preto (5YR 2,5/1, úmida); franca; moderada, pequena, media, granular; macia, muito friável, não plástica, não pegajosa; transição ondulada (12-15 cm) e clara.

Au1 – 14-34 cm, bruno-escuro (7,5YR 3/2, seca); bruno-escuro (7,5YR 3/2, úmida); mosqueado abundante, proeminente, bruno-forte (7,5YR 5/6); franco; moderada, pequena, media, granular; macia, muito friável, não plástica, não pegajosa; transição ondulada (33-34 cm) e clara.

Au2 – 34-47 cm, bruno-escuro (7,5YR 4/2, seca); bruno-escuro (7,5YR 3/2, úmida); mosqueado comum, distinto, bruno-forte (7,5YR 5/6); franco; moderada, muito pequena, granular; macia, muito friável, não plástica, não pegajosa; transição ondulada (46-48 cm) e clara.

Au3 – 47-63 cm, cinzento-avermelhado-escuro (5YR 4/2, seca); bruno-avermelhado-escuro (5YR 3/2, úmida); mosqueado abundante, proeminente, bruno-forte (7,5YR 5/6); franco-arenosa; moderada, muito pequena, pequena, granular; muito pequena, blocos subangulares; macia, muito friável, não plástica, não pegajosa; transição plana e clara.

AB – 63-76 cm, bruno-avermelhado (5YR 4/4, seca); bruno-avermelhado (5YR 4/3, úmida); mosqueado pouco, proeminente, vermelho-amarelado (5YR 5/8); franco-argiloarenosa; moderada, muito pequena, pequena, granular; pequena, blocos subangulares; macia, muito friável, ligeiramente plástica, ligeiramente pegajosa; transição plana e clara.

BA – 76-94 cm, vermelho-amarelado (5YR 5/6, úmida); mosqueado comum, proeminente, bruno-avermelhado (5YR 4/3); franco-argilosa; moderada, pequena, blocos subangulares; macia, ligeiramente dura, friável, plástica, pegajosa; transição plana e gradual.

Bt1 –94-134 cm, vermelho (2,5YR 5/8, úmida); mosqueado comum, proeminente, vermelho-acinzentado (2,5YR 4/2); argila; moderada, pequena, blocos subangulares; macia, ligeiramente dura, friável, plástica, pegajosa; transição plana e gradual.

Bt2 – 134-154+ cm, vermelho (2,5YR 5/8, úmida); mosqueado pouco, proeminente, vermelho-acinzentado (2,5YR 4/2); argila; macia, plástica, pegajosa.

RAÍZES- Muitas e finas nos horizontes Aup, Au1, Au2; poucas e finas nos horizontes Au3 e AB; comuns e finas em Bw1 e Poucas e finas em Bw2.

OBSERVAÇÕES- Presença de artefatos de cerâmica até 66 cm de profundidade (indicados por pinos de golfe de cor amarela e vermelha) sendo estes poucos no horizonte Aup, comum nos horizontes Au1 e Au3, muitos no horizonte Au2 e raros no horizonte AB. Presença de mosqueados relacionados ao carvão disperso indicados por pinos de cor branca.



Figura 15. Perfil 2 com horizonte A antrópico sob pastagem de *Urochla brizantha* no município de Cabixi – RO (esquerda) e sua localização na imagem de satélite do Google (direita).

Análises Físicas e Químicas

Perfil nº 2

Horizonte		Frações da amostra total g kg ⁻¹			Composição granulométrica da terra fina. g kg ⁻¹				Argila dispersa em água g kg ⁻¹	Grau de flocula ção %	Relação silte/ argila	Densidade kg dm ⁻³	
Horizonte	Profundid. cm	Calhaus >20 mm	Cascalho 20-2 mm	Terra fina <2 mm	Areia grossa 2-0,2 mm	Areia fina 0,2- 0,05 mm	Silte 0,05- 0,002 mm	Argila <0,00 2 mm				Solo	Partícula
Aup	0-14			1000	281	139	404	176	68	61	2,3	0,97	2,35
Au1	14-34			1000	288	178	374	160	110	31	2,3	0,85	2,50
Au2	34-47			1000	320	195	323	162	75	54	2,0	0,97	2,47
Au3	47-63			1000	319	299	251	131	76	42	1,9	1,08	2,47
AB	63-76			1000	323	184	188	305	230	25	0,6	1,23	2,63
BA	76-94			1000	258	191	212	339	246	27	0,6	1,25	2,56
Bt1	94-134			1000	266	189	108	437	295	32	0,2	-	2,70
Bt2	134-154+			1000	243	188	153	416	270	35	0,4	-	2,56
Horizonte	pH (1:2,5)		Complexo sortivo cmol _c kg ⁻¹								Valor V (sat.por bases) %	P assimilável mg kg ⁻¹	
	Água	KCl 1N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Valor S (soma)	Al ³⁺	H ⁺	Valor T (soma)			
Aup	6,56		19,90	3,80	0,14	0,01	23,84	0	3,44	27,30	87	207	
Au1	7,8		22,20	2,60	0,01	0,01	24,82	0	0,24	25,10	99	61	
Au2	7,89		21,60	2,10	0,00	0,01	23,71	0	0,14	23,90	99	68	
Au3	7,92		15,00	2,00	0,00	0,01	17,01	0	0,14	17,20	99	93	
AB	7,94		10,00	1,90	0,01	0,00	11,91	0	0,14	12,10	99	134	
BA	7,97		8,10	1,80	0,00	0,00	9,90	0	0,14	10,00	99	100	
Bt1	7,95		7,30	1,20	0,00	0,00	8,50	0	0,04	8,50	99	82	
Bt2	7,96		5,10	1,40	0,00	0,00	6,50	0	0,14	6,60	98	20	

Horizonte	C (orgânico) g kg ⁻¹	N g kg ⁻¹	Relação C/N	Ataque sulfúrico g kg ⁻¹						Relações moleculares			Fe ₂ O ₃ livre g kg ⁻¹
				SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	SiO ₂ Al ₂ O ₃	SiO ₂ R ₂ O ₃	Al ₂ O ₃ Fe ₂ O ₃	
										(Ki)	(Kr)		
Aup	50,5	3,85	13	87	115	33	8			1,29	1,09	5,47	
Au1	39,9	2,07	25	81	103	36	6			1,34	1,09	4,49	
Au2	34,0	1,68	28	84	111	33	6			1,29	1,08	5,28	
Au3	19,4	1,12	22	99	123	41	7			1,37	1,13	4,71	
AB	10,9	0,84	14	114	150	40	8			1,29	1,10	5,89	
BA	7,8	0,46	19	122	160	45	9			1,30	1,10	5,58	
Bt1	5,6	0,42	14	130	179	49	9			1,23	1,05	5,74	
Bt2	4,4	0,32	12	135	182	50	10			1,26	1,07	5,71	

Relação textural: 2,13

PERFIL: 3 (perfil coletado no mesmo local do perfil de TPI da XI RCC - Rondônia)

A – DESCRIÇÃO GERAL

DATA: 15/07/2016

CLASSIFICAÇÃO: ARGISSOLO VERMELHO Eutrófico abruptico petroplíntico antrópico, textura média/argilosa, endoconcrecionário, caulínico, mesoférico, fase floresta equatorial subperenifólia, relevo plano.

LOCALIZAÇÃO: Perfil situado na Linha 12, no lado direito da rodovia vicinal (via Laticínio), no sentido Cabixi-Pimenteiras do Oeste, a cerca de 1,0 km de Cabixi, estado de Rondônia.

MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS: Município de Cabixi, Rondônia. 0763897/8506212 UTM, Datum horizontal: WGS 84.

SITUAÇÃO: Terraço fluvial, DECLIVE: 0-3% (plano)

ELEVAÇÃO: 216 m

LITOLOGIA: Sedimentos colúvio-aluviais e antrópicos

MATERIAL ORIGINÁRIO: Sedimentos argiloarenosos.

CRONOLOGIA: Pleistoceno.

PEDREGOSIDADE: Não pedregosa

ROCHOSIDADE: Não rochoso

RELEVO LOCAL: Suave ondulado

RELEVO REGIONAL: Suave ondulado

EROSÃO: Moderada

DRENAGEM: Acentuadamente drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Cerradão equatorial subperenifólio

USO ATUAL: Pastagem de Braquiária (*Urochla brizantha*)

DESCRITO E COLETADO POR: Virlei Álvaro de Oliveira, José Francisco Lumbresas, Maurício Rizzato Coelho, Ângelo Mansur Mendes, Henrique Nery Cipriani e Iraque Moura de Medeiros.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

Aup 0 - 13 cm; preto-avermelhado (2,5YR 2,5/1, úmido) e bruno-avermelhado-escuro (5YR 3/2, seco); franco-argiloarenosa; moderada pequena e muito pequena granular e fraca pequena e muito pequena blocos subangulares; ligeiramente dura; muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e clara.

Au 13 - 34 (27 – 70) cm; cinzento-avermelhado-escuro (2,5YR 3/1, úmido) e cinzento-avermelhado-escuro a bruno-avermelhado-escuro (5YR 3,5/2, seco); franco-argiloarenosa; moderada muito pequena e pequena granular e moderada pequena blocos subangulares; ligeiramente dura, muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição irregular e abrupta (14 – 57 cm).

BA 34 - 54 cm; bruno-avermelhado-escuro (2,5YR 3/3,5, úmido); argila; fraca a moderada pequena e média blocos subangulares e moderada muito pequena e pequena granular; ligeiramente dura a dura, friável a muito friável, plástica e pegajosa; transição descontínua e gradual.

Bt1 54 - 74 cm; bruno-avermelhado-escuro a bruno-avermelhado (2,5YR 3,5/4, úmido); argila; fraca a moderada pequena e média blocos subangulares e moderada a forte muito pequena e pequena granular; ligeiramente dura, friável a muito friável, plástica a muito plástica e pegajosa a muito pegajosa; transição plana e gradual.

Bt2 74 - 113 cm; vermelho a vermelho-escuro (2,5YR 3,5/6, úmido); argila pouco cascalhenta; fraca pequena blocos subangulares e forte muito pequena e pequena granular; macia, friável a muito friável, plástica a muito plástica e pegajosa a muito pegajosa; transição plana e difusa.

Bt3 113 - 143 cm; vermelho (2,5YR 4/6, úmido); argila pouco cascalhenta; fraca pequena blocos subangulares e forte muito pequena e pequena granular; macia a ligeiramente dura, friável a muito friável, plástica a muito plástica e pegajosa a muito pegajosa; transição plana e abrupta.

BC 143 - 165 cm⁺; vermelho (2,5YR 4/6, úmido); argila muito cascalhenta; forte muito pequena granular; macia, friável a muito friável, plástica a muito plástica e pegajosa a muito pegajosa.

POROS – Muitos poros muito pequenos e comuns pequenos nos horizontes Aup e Au; muitos muito pequenos e poucos pequenos no BA; muitos muito pequenos e comuns pequenos nos demais horizontes.

RAÍZES – Comuns a abundantes muito finas e finas no horizonte Aup; comuns muito finas e finas no Au; comuns muito finas e poucas finas nos demais horizontes.

OBSERVAÇÕES

- Perfil descrito em trincheira.
- Esta área já foi gradeada, o horizonte Aup apresentou-se ligeiramente compactado.
- Fragmentos de cerâmica em quantidade comum nos horizontes Aup e Au (mais neste).
- Presença de fragmentos de materiais de cor branca, efervescente em solução de HCl diluído a 10%, no horizonte antrópico, supostamente de ossos.
- A transição irregular entre os horizontes Au e BA é marcada pela “penetração” do horizonte Au no BA que se estende até o Bw1 condicionando transição descontínua do BA para o Bt1.
- Presença de materiais do horizonte Au entremeados no BA, de cor bruno-avermelhado-escuro (2,5YR 3/3, úmido).
- Muito poucas concreções (nódulos) pequenas, duras esféricas, avermelhadas e escuras, ferruginosas (concreções lateríticas) nos horizontes Aup, Au, BA, Bt1, Bt2 e BC, aumentando em profundidade (próximo a 5% no Bt2 e Bt3); e muitas no BC.
- Poucos fragmentos de carvão ao longo do perfil (mais concentrado no horizonte A).
- Muita atividade biológica ao longo do perfil (com ninhos de cupins).
- Atração magnética muito fraca no horizonte Bt.
- Embora atenda à relação textural B/A para os Argissolos, este é um caso especial, pois se trata de um A antrópico que por definição já prevê em sua formação adição ou mistura de material orgânico.
- Propriedade do Sr. Atayde e Sra. Rosiléia (trincheira ao lado de pequeno dreno da estrada).
- Estes solos são conhecidos como Terra Preta de Índio. São um tanto frequentes na região, situam-se próximos à drenagem e habitualmente ocupam superfície entre 1 e 3 ha.

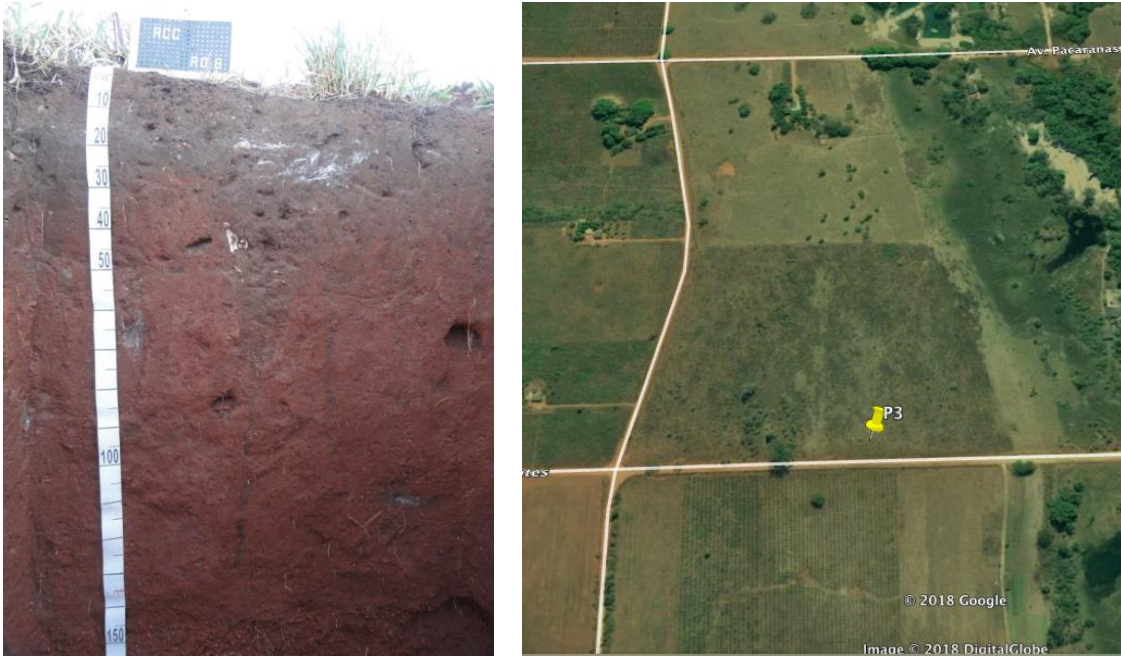


Figura 16 – Perfil 3 (esquerda) e sua localização na imagem de satélite do Google (direita).

Análises Físicas e Químicas

Perfil nº 3

Horizonte		Frações da amostra total g kg ⁻¹			Composição granulométrica da terra fina. g kg ⁻¹				Argila dispersa em água g kg ⁻¹	Grau de flocula ção %	Relaç ão silte/ argila	Densidade kg dm ⁻³		Porosidad e cm ³ /100c m ³
Horizonte	Profundid. cm	Calha us >20 mm	Cascalho 20-2 mm	Terra fina <2 mm	Areia grossa 2-0,2 mm	Areia fina 0,2- 0,05 mm	Silte 0,05- 0,002 mm	Argila <0,00 2 mm				Solo	Partícul a	
Aup	0-13	0	31	969	283	251	170	296	169	43	0,57	1,02	2,35	57
Au	13-34	0	31	969	325	279	143	253	148	41	0,57	1,00	2,51	60
BA	34-54	0	33	967	201	205	77	517	83	84	0,15	1,12	2,57	56
Bt1	54-74	0	38	962	180	182	60	578	0	100	0,10	1,12	2,65	58
Bt2	74-113	0	95	905	161	187	55	597	127	79	0,09	1,12	2,65	58
Bt3	113-143	0	104	896	166	180	60	594	0	100	0,10	1,19	2,53	53
BC	143-165	0	673	327	166	152	88	594	0	100	0,15		2,66	
Horizonte	pH (1:2,5)		Complexo sortivo cmol _c kg ⁻¹								Valor V (sat. por bases) %	Saturaç ão por alumíni o %	P assimláve l mg kg ⁻¹	
	Água	KCl 1N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Valor S (soma)	Al ³⁺	H ⁺	Valor T (soma)				
Aup	7,0	6,5	19,3	0,6	0,74	0,06	20,7	0	0	20,7	100	0	1039	
Au	7,3	6,6	18,7	0,2	0,54	0,07	19,5	0	0	19,5	100	0	1417	
BA	7,2	6,6	10,1	0,1	0,21	0,03	10,4	0	0	10,4	100	0	537	
Bt1	7,5	6,9	9,1	0,4	0,09	0,02	9,6	0	0	9,6	100	0	112	
Bt2	7,5	6,9	6,9	0,7	0,09	0,02	7,7	0	0	7,7	100	0	23	
Bt3	7,5	6,9	5,4	0,7	0,10	0,03	6,2	0	0	6,2	100	0	15	
BC	7,3	6,7	5,1	0,8	0,10	0,02	6,0	0	0	6,0	100	0	9	

Horizonte	C (orgânico) g kg ⁻¹	N g kg ⁻¹	Relação C/N	Ataque sulfúrico g kg ⁻¹						Relações moleculares			Fe ₂ O ₃ livre g kg ⁻¹	Equivalen te de CaCO ₃ g kg ⁻¹
				SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	SiO ₂ Al ₂ O ₃	SiO ₂ R ₂ O ₃	Al ₂ O ₃ Fe ₂ O ₃		
										(Ki)	(Kr)			
Aup	43,4	4,4	10	147	193	93	6,7	10,1	0,7	1,29	0,99	3,26		
Au	32,7	2,2	15	150	191	88	6,9	10,1	0,8	1,34	1,03	3,41		
BA	11,5	0,9	13	173	210	96	7,7	4,8	0,3	1,40	1,08	3,43		
Bt1	9,0	0,7	13	184	221	104	7,6	1,8	0,2	1,42	1,09	3,34		
Bt2	7,3	0,6	12	183	222	106	10,2	1,0	0,2	1,40	1,07	3,29		
Bt3	5,8	0,5	12	183	228	106	8,7	0,8	0,2	1,36	1,05	3,38		
BC	4,7	0,4	12	189	233	46	8,4	0,7	0,2	1,38	1,22	7,95		

Relação textural: 2,05

PERFIL: 4

A – DESCRIÇÃO GERAL

DATA: 15/09/2016

CLASSIFICAÇÃO: LATOSSOLO AMARELO Distrófico antrópico, A antrópico, textura franco arenosa.

LOCALIZAÇÃO: Linha 11 da 4º para 5º eixo (rumo a Pimenteiras do Oeste)

MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS: Município de Pimenteiras do Oeste, Rondônia. 0724239/ 8508400 UTM, Datum horizontal: WGS 84.

SITUAÇÃO: Terraço fluvial, DECLIVE: 0-3% (plano)

ELEVAÇÃO: 185 m

LITOLOGIA: Sedimentos colúvio-aluviais e antrópicos

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Coberturas Cenozoicas clásticas

MATERIAL ORIGINÁRIO: Sedimentos

PEDREGOSIDADE: Não pedregosa

ROCHOSIDADE: Não rochoso

RELEVO LOCAL: plano

RELEVO REGIONAL: plano

EROSÃO: Não aparente

DRENAGEM: Bem drenado

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Floresta Tropical Subcaducifólia

USO ATUAL: Pastagem: Braquiária (*Urochla decumbens*)

DESCRITO E COLETADO POR: Rafael de Souza Cavassani, Lúcia Helena Cunha dos Anjos, Luiz Carlos Cavassani e Gilmar da Silva

B - DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

Aup 0-9 cm, bruno-acinzentado-escuro (10YR 4/2, seca); bruno-acinzentado muito escuro (10YR 3/2, úmida); franco-arenosa; moderada, pequena, granular; macia, muito friável, não plástica, não pegajosa; transição ondulada (8-10 cm) e clara.

Au1 9-19 cm: bruno-acinzentado muito escuro (10YR 3/2, seca); cinzento muito escuro (10YR 3/1, úmida); mosqueado pouco, difuso, cinzento muito escuro (10YR 3/1); franco-arenosa; moderada, pequena, media, granular; macia, muito friável, não plástica, não pegajosa; transição ondulada (17-21 cm) e clara.

Au2 19-47 cm, bruno-escuro (10YR 3/3, seca); bruno-acinzentado muito escuro (10YR 3/2, úmida); mosqueado pouco, difuso, cinzento muito escuro (10YR 3/1); franco-arenosa; moderada, muito pequena, pequena, granular; muito pequena, blocos subangulares; macia, muito friável, não plástica, não pegajosa; transição ondulada (44-49 cm) e abrupta.

AB - 47-59 cm, bruno-escuro (10YR 4/3, seca); bruno-escuro (10YR 3/3, úmida); mosqueado pouco, difuso, cinzento muito escuro (10YR 3/1); franco-arenosa; moderada, pequena, blocos subangulares; macia, muito friável, não plástica, não pegajosa; transição ondulada (57-61 cm) e clara.

BA – 59-75 cm, bruno-amarelado (10YR 5/4, úmida); mosqueado pouco, proeminente, bruno-acinzentado muito escuro (10YR 3/2); franco-arenosa; moderada, pequena, blocos subangulares; ligeiramente dura, muito friável, ligeiramente plástica, ligeiramente pegajosa; transição plana e gradual.

Bw1 - 75-95 cm, amarelo-brunado (10YR 6/6, úmida); mosqueado pouco, proeminente, bruno-amarelado-escuro (10YR 3/4); franco-arenosa; moderada, pequena, blocos subangulares; ligeiramente dura, muito friável, ligeiramente plástica, ligeiramente pegajosa; transição plana e gradual.

Bw2 - 95-119 cm, amarelo-brunado (10YR 6/8, úmida); mosqueado pouco, proeminente, bruno-amarelado-escuro (10YR 3/6); franco-argilo-arenosa; moderada, pequena, blocos

subangulares; ligeiramente dura, muito friável, ligeiramente plástica, ligeiramente pegajosa; transição plana e difusa.

Bw3 – 119-136+ cm, amarelo (10YR 7/8, úmida); franco-argilo-arenosa; ligeiramente plástica, ligeiramente pegajosa.

RAÍZES- Muitas e finas nos horizontes Aup e Au1; comuns e finas em Au2; poucas e finas em AB e BA e comuns e finas em Bw1 e Bw2.

OBSERVAÇÕES- Presença de artefatos de cerâmica até 46 cm de profundidade (indicados por pinos de golfe de cor amarela) sendo estes poucos nos horizontes Aup, Au1 e Au2; raros em AB e ausentes nos demais. Presença de mosquedos relacionados ao carvão indicados por pinos de cor branca.

*Fragmentos de cerâmica bastante alterados e se desfazem facilmente.

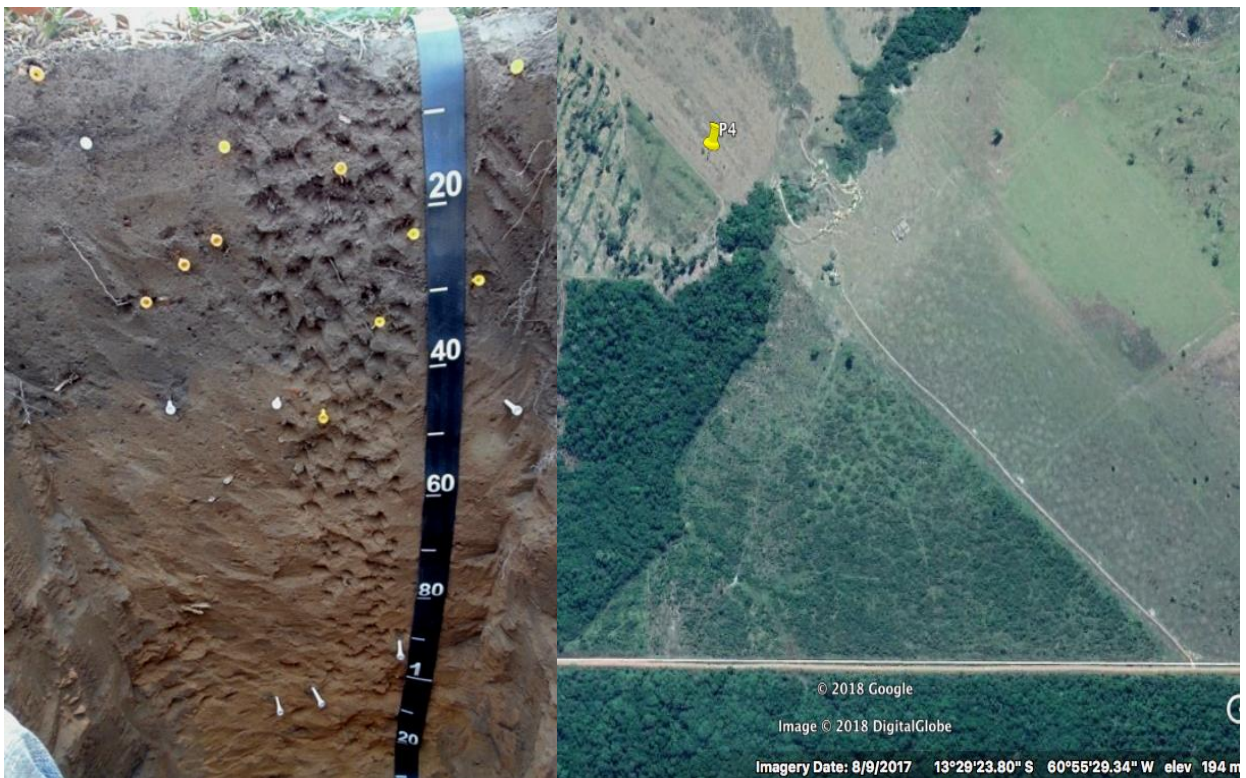


Figura 17. Perfil 4 com horizonte A antrópico sob pastagem de *Urochla decumbens* no município de Pimenteiras do Oeste – RO (esquerda) e sua localização na imagem de satélite do Google (direita).

Análises Físicas e Químicas

Perfil nº 4

Horizonte		Frações da amostra total g kg ⁻¹			Composição granulométrica da terra fina. g kg ⁻¹				Argila dispersa em água g kg ⁻¹	Grau de flocula ção %	Relação silte/ argila	Densidade kg dm ⁻³	
Horizonte	Profundid. cm	Calhaus >20 mm	Cascalho 20-2 mm	Terra fina <2 mm	Areia grossa 2-0,2 mm	Areia fina 0,2- 0,05 mm	Silte 0,05- 0,002 mm	Argila <0,00 2 mm				Solo	Partícula
Aup	0-9			1000	429	249	175	147	50	66	1,19	1,33	2,50
Au1	9-19			1000	386	254	187	173	6	97	1,08	1,05	2,50
Au2	19-47			1000	436	251	120	193	53	73	0,62	1,15	2,63
AB	47-59			1000	404	291	106	199	107	46	0,53	1,25	2,70
BA	59-75			1000	426	289	128	157	103	34	0,82	1,18	2,70
Bw1	75-95			1000	413	251	136	200	138	31	0,68	1,21	2,53
Bw2	95-119			1000	443	263	48	246	102	59	0,20	1,20	2,70
Bw3	119-136+			1000	389	301	76	234	63	73	0,32	-	2,70
Horizonte	pH (1:2,5)		Complexo sortivo cmol _c kg ⁻¹								Valor V (sat.por bases) %	P assimilável mg kg ⁻¹	
	Água	KCl 1N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Valor S (soma)	Al ³⁺	H ⁺	Valor T (soma)			
Aup	5,91		7,4	3,2	0,06	0,00	10,7	0,0	3,94	14,6	73	102	
Au1	6,16		11,2	2,1	0,01	0,00	13,3	0,0	3,34	16,7	80	37	
Au2	6,04		4,7	1,7	0,00	0,00	6,4	0,0	3,54	9,9	64	55	
AB	5,44		1,6	1,1	0,00	0,00	2,7	0,0	2,84	5,5	50	19	
BA	5,04		0,8	0,8	0,00	0,00	1,6	0,0	2,64	4,2	38	15	
Bw1	4,88		0,5	0,7	0,00	0,00	1,2	0,1	2,13	3,4	35	9	
Bw2	4,84		0,5	0,5	0,00	0,00	1,0	0,0	2,04	3	33	2	
Bw3	4,83		0,3	0,6	0,00	0,00	0,9	0,0	1,04	1,9	46	5	

Horizonte	C (orgânico) g kg ⁻¹	N g kg ⁻¹	Relaçã o C/N	Ataque sulfúrico g kg ⁻¹						Relações moleculares			Fe ₂ O ₃ livre g kg ⁻¹
				SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	SiO ₂ Al ₂ O ₃	SiO ₂ R ₂ O ₃	Al ₂ O ₃ Fe ₂ O ₃	
										(Ki)	(Kr)		
Aup	32,2	2,98	12	59	86	13	3,9			1,17	1,06	10,39	
Au1	35,8	3,22	11	56	77	11	3,9			1,24	1,13	10,99	
Au2	15,9	1,82	9	61	131	22	6,1			0,79	0,71	9,35	
AB	6,3	0,60	11	64	100	22	5,1			1,09	0,95	7,14	
BA	4,1	0,46	10	63	106	15	5,1			1,01	0,93	11,09	
Bw1	3,5	0,28	13	66	112	17	5,7			1,00	0,91	10,34	
Bw2	2,7	0,32	10	65	115	18	5,5			1,00	0,91	10,03	
Bw3	1,9	0,21	11	59	114	17	5,7			0,96	0,87	10,53	

Relação textural: 1,33

PERFIL: 5

A – DESCRIÇÃO GERAL

DATA: 17/09/2016

CLASSIFICAÇÃO: LATOSSOLO AMARELO Distrófico antrópico, A antrópico, textura franco-argilo-arenosa.

LOCALIZAÇÃO: Linha 5 da 3ª para quarta eixo, Km 8,5

MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS: Município de Cerejeiras, Rondônia. 0727560/8530918 UTM, Datum horizontal: WGS 84.

SITUAÇÃO: Terraço fluvial

DECLIVE: 0-3% (plano)

ELEVAÇÃO: 226 m

LITOLOGIA: Sedimentos colúvio-aluviais e antrópicos

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Coberturas cenozoicas clásticas

MATERIAL ORIGINÁRIO: Sedimentos

PEDREGOSIDADE: Não Pedregosa

ROCHOSIDADE: Não rochoso

RELEVO LOCAL: Plano

RELEVO REGIONAL: Plano

EROSÃO: Não aparente

DRENAGEM: Bem drenado

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Floresta Tropical Subcaducifólia

USO ATUAL: Floresta

DESCRITO E COLETADO POR: Rafael de Souza Cavassani, Lúcia Helena Cunha dos Anjos, Luiz Carlos Cavassani e Renata de Souza Cavassani

B - DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

Au1 - 0-10 cm, cinzento muito escuro (7,5YR 3/1, seca); preto (7,5YR 2,5/1, úmida); franco-argilo-arenosa; forte, média, granular; ligeiramente dura, muito friável, ligeiramente plástica, ligeiramente pegajosa; transição plana e clara.

Au2 - 10-26 cm, cinzento muito escuro (10YR 3/1, seca); preto (10YR 2/1, úmida); franco-argilo-arenosa; forte, média, granular; ligeiramente dura, muito friável, ligeiramente plástica, ligeiramente pegajosa; transição plana e clara.

Au3 - 26-43 cm, bruno muito escuro (10YR 2/2, seca); preto (10YR 2/1, úmida); franco-argilo-arenosa; forte, média, granular; ligeiramente dura, muito friável, ligeiramente plástica, ligeiramente pegajosa; transição ondulada (41-45 cm) e clara.

Au4 - 43-55 cm, bruno-escuro (10YR 4/3, seca); bruno-escuro (10YR 3/3, úmida); mosqueado comum, médio, difuso, cinzento muito escuro (10YR 3/1); franco-argilo-arenosa; moderada, pequena, granular; ligeiramente dura, muito friável, ligeiramente plástica, ligeiramente pegajosa; transição plana e clara.

AB - 55-71 cm, amarelo-avermelhado (7,5YR 6/6, seca); bruno-forte (7,5YR 5/6, úmida); mosqueado comum, pequeno e médio, distinto, bruno-escuro (7,5YR 4/2); franco-argiloarenosa; moderada, muito pequena, pequena, granular; ligeiramente dura, muito friável, ligeiramente plástica, ligeiramente pegajosa; transição irregular (68-74 cm) e clara.

BA - 71-85 cm, bruno (7,5YR 5/4, úmida); mosqueado pouco, médio, distinto, bruno-forte (7,5YR 5/6); argiloarenosa; moderada, pequena, blocos subangulares; ligeiramente dura, friável, ligeiramente plástica, ligeiramente pegajosa; transição ondulada (80-90 cm) e gradual.

Bw1 - 85-121 cm, bruno-forte (7,5YR 5/6, úmida); mosqueado pouco, pequeno e médio, proeminente, bruno-forte (7,5YR 5/6); argiloarenosa; moderada, pequena, blocos

subangulares; ligeiramente dura, friável, ligeiramente plástica, ligeiramente pegajosa; transição plana e difusa.

Bw2 - 121-141+ cm, bruno-forte (7,5YR 5/6, úmida); franco-argilo-arenosa; ligeiramente dura, friável, ligeiramente plástica, ligeiramente pegajosa.

RAÍZES- Abundantes finas e médias no horizonte Au1; abundantes médias e comuns finas em Au2; abundantes finas e grossas poucas em Au3; comuns finas em Au4; poucas finas em AB; poucas finas e raras médias e BA e poucas médias em Bw1.

OBSERVAÇÕES- Presença de artefatos de cerâmica até 47 cm de profundidade (indicados por pinos de golfe de cor amarela) sendo estes raros no horizonte Au1; comuns em Au2, Au3 e Au4; raros em AB e ausentes nos demais. Presença de mosquedos escurecidos relacionados ao carvão e migração de matéria orgânica indicados por pinos de cor branca.



Figura 18. Perfil 5 com horizonte A antrópico sob floresta no município de Cerejeiras – RO (esquerda) e sua localização na imagem de satélite do Google (direita).

Análises Físicas e Químicas

Perfil nº 5

Horizonte		Frações da amostra total g kg ⁻¹			Composição granulométrica da terra fina. g kg ⁻¹				Argila dispersa em água g kg ⁻¹	Grau de flocula ção %	Relação silte/ argila	Densidade kg dm ⁻³	
Horizonte	Profundid. cm	Calha us >20 mm	Cascalho 20-2 mm	Terra fina <2 mm	Areia grossa 2-0,2 mm	Areia fina 0,2- 0,05 mm	Silte 0,05- 0,002 mm	Argila <0,00 2 mm				Solo	Partícula
Au1	0-10			1000	419	119	225	237	50	79	0,95	0,70	2,53
Au2	10-26			1000	399	143	207	251	121	52	0,82	1,04	2,53
Au3	26-43			1000	454	139	233	174	21	88	1,34	1,09	2,53
Au4	43-55			1000	454	139	140	267	197	26	0,52	1,14	2,38
AB	55-71			1000	459	140	147	254	180	29	0,58	1,18	2,63
BA	71-85			1000	346	168	114	372	200	46	0,31	1,10	2,67
Bw1	85-121			1000	379	148	99	374	107	71	0,26	1,14	2,67
Bw2	121-141+			1000	416	155	109	320	47	85	0,34	1,24	2,74
Horizonte	pH (1:2,5)		Complexo sortivo cmol _c kg ⁻¹								Valor V (sat.por bases) %	P assimilável mg kg ⁻¹	
	Água	KCl 1N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Valor S (soma)	Al ³⁺	H ⁺	Valor T (soma)			
Au1	6,4		13,60	4,40	0,02	0,00	18,02	0,0	1,94	20,00	90	8	
Au2	6,21		8,40	3,30	0,00	0,00	11,70	0,0	2,24	13,90	84	6	
Au3	5,91		5,00	2,30	0,00	0,00	7,30	0,0	3,24	10,50	69	10	
Au4	5,66		2,30	2,20	0,00	0,00	4,50	0,0	2,74	7,20	62	6	
AB	5,35		1,50	1,30	0,00	0,00	2,80	0,0	2,54	5,30	52	4	
BA	5,18		0,60	1,40	0,00	0,00	2,00	0,0	1,84	3,80	52	2	
Bw1	4,98		0,60	0,80	0,00	0,00	1,40	0,1	1,64	3,00	46	2	
Bw2	4,97		0,30	0,70	0,00	0,00	1,00	0,0	1,54	2,50	39	2	

Horizonte	C (orgânico) g kg ⁻¹	N g kg ⁻¹	Relação C/N	Ataque sulfúrico g kg ⁻¹						Relações moleculares			Fe ₂ O ₃ livre g kg ⁻¹
				SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	SiO ₂ Al ₂ O ₃	SiO ₂ R ₂ O ₃	Al ₂ O ₃ Fe ₂ O ₃	
										(Ki)	(Kr)		
Au1	40,5	4,10	10	84	122	18	5,9			1,17	1,07	10,64	
Au2	26,8	2,35	11	93	137	21	6,9			1,15	1,05	10,24	
Au3	16,4	1,05	17	89	131	25	6,4			1,15	1,03	8,23	
Au4	11,7	0,67	15	85	130	22	6,5			1,11	1,00	9,28	
AB	9,4	0,56	14	98	149	22	7,8			1,12	1,02	10,63	
BA	6,7	0,42	13	107	168	24	7,9			1,08	0,99	10,99	
Bw1	4,4	0,35	13	109	171	27	8,7			1,08	0,98	9,94	
Bw2	5,2	0,25	15	109	175	30	8,0			1,06	0,95	9,16	

Relação textural: 1,53

PERFIL: 6

A – DESCRIÇÃO GERAL

DATA: 18/09/2016

CLASSIFICAÇÃO: LATOSSOLO AMARELO Eutrófico antrópico, A antrópico, textura franco-argilo-arenosa.

LOCALIZAÇÃO: Linha 5 da 3ª para quarta eixo, Km 8,5

MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS: Município de Cerejeiras, Rondônia. 0727527/8530895 UTM, Datum horizontal: WGS 84.

SITUAÇÃO: Terraço fluvial

DECLIVE: 0-3% (plano)

ELEVAÇÃO: 226 m

LITOLOGIA: Sedimentos colúvio-aluviais e antrópicos

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Coberturas cenozoicas clásticas

MATERIAL ORIGINÁRIO: Sedimentos

PEDREGOSIDADE: Não Pedregosa

ROCHOSIDADE: Não rochoso

RELEVO LOCAL: Plano

RELEVO REGIONAL: Plano

EROSÃO: laminar ligeira

DRENAGEM: Bem drenado

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Floresta Tropical Subcaducifólia

USO ATUAL: Lavoura de soja e milho

DESCRITO E COLETADO POR: Rafael de Souza Cavassani, Lúcia Helena Cunha dos Anjos, Luiz Carlos Cavassani e Renata de Souza Cavassani.

B - DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

Aup1 - 0-14 cm, bruno muito escuro (10YR 2/2, seca); preto (10YR 2/1, úmida); franco-argilo-arenosa; moderada, muito pequena, granular e moderada, pequena, blocos subangulares; ligeiramente dura, friável, ligeiramente plástica, ligeiramente pegajosa; transição plana e clara.

Aup2 - 14-27 cm, cinzento muito escuro (10YR 3/1, seca); preto (10YR 2/1, úmida); franco-argilo-arenosa; moderada, muito pequena, granular e moderada, pequena, blocos subangulares; ligeiramente dura, friável, ligeiramente plástica, ligeiramente pegajosa; transição ondulada (25-29 cm) e clara.

Au - 27-53 cm, bruno-escuro (10YR 4/3, seca); bruno-acinzentado-escuro (10YR 3/2, úmida); mosqueado comum, pequeno e médio, distinto, amarelo-brunado (10YR 6/6); franco-argilo-arenosa; moderada, muito pequena e pequena, granular, moderada, pequena, blocos subangulares; ligeiramente dura, friável, ligeiramente plástica, ligeiramente pegajosa; transição ondulada (50-56 cm) e clara.

AB - 53-60 cm, bruno-forte (7,5YR 4/6, úmida); mosqueado comum, médio, distinto, amarelo-brunado (10YR 6/6); franco-argilo-arenosa; moderada, pequena, blocos subangulares; ligeiramente dura, friável, ligeiramente plástica, ligeiramente pegajosa; transição plana e gradual.

BA - 60-76 cm, bruno (7,5YR 5/4, úmida); mosqueado comum, médio, distinto, bruno-escuro (7,5YR 4/2); franco-argilo-arenosa; moderada, pequena, blocos subangulares; ligeiramente dura, friável, ligeiramente plástica, ligeiramente pegajosa; transição plana e gradual.

Bw1 - 76-119 cm, bruno-forte (7,5YR 5/6, úmida); mosqueado pouco, médio, distinto, bruno (7,5YR 5/2); franco-argilo-arenosa; moderada, pequena, blocos subangulares; ligeiramente dura, friável, ligeiramente plástica, ligeiramente pegajosa; transição plana e difusa.

Bw2 - 119-139+ cm, bruno-forte (7,5YR 5/8, úmida); franco-argilo-arenosa; moderada, pequena, blocos subangulares; ligeiramente dura, friável, ligeiramente plástica, ligeiramente pegajosa.

RAÍZES- Comuns finas no horizonte Aup1 poucas finas em Aup2; comuns finas em Au; raras finas em AB e BA; muito raras finas em Bw1 e Bw2.

OBSERVAÇÕES- Presença de artefatos de cerâmica até 50 cm de profundidade (indicados por pinos de golfe de cor amarela) sendo estes raros no horizonte Au1; comuns em Au2, Au3 e Au4; raros em AB e ausentes nos demais. Presença de mosqueados escurecidos possivelmente relacionados ao carvão e migração de matéria orgânica indicados por pinos de cor branca.



Figura 19. Perfil 6 com horizonte A antrópico sob lavoura de milho e soja no município de Cerejeiras – RO (esquerda) e sua localização na imagem de satélite do Google (direita).

Análises Físicas e Químicas

Perfil nº 6

Horizonte		Frações da amostra total g kg ⁻¹			Composição granulométrica da terra fina. (g kg ⁻¹)				Argila dispersa em água g kg ⁻¹	Grau de flocula ção %	Relação silte/ argila	Densidade kg dm ⁻³	
Horizonte	Profundid. cm	Calha us >20 mm	Cascalho 20-2 mm	Terra fina <2 mm	Areia grossa 2-0,2 mm	Areia fina 0,2- 0,05 mm	Silte 0,05- 0,002 mm	Argila <0,00 2 mm				Solo	Partícula
Aup	0-14			1000	440	130	146	284	112	61	0,51	1,27	2,50
Au1	14-27			1000	482	138	165	215	61	72	0,77	1,13	2,53
Au2	27-53			1000	494	132	115	259	214	17	0,44	1,34	2,67
AB	53-60			1000	428	140	143	289	257	11	0,49	1,36	2,60
BA	60-76			1000	399	155	45	401	285	29	0,11	1,22	2,70
Bw1	76-119			1000	412	134	95	359	108	70	0,26	1,21	2,60
Bw2	119-139+			1000	406	138	129	327	92	72	0,39	1,19	2,67
Horizonte	pH (1:2,5)		Complexo sortivo cmol _c kg ⁻¹								Valor V (sat.por bases) %	P assimilável mg kg ⁻¹	
	Água	KCl 1N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Valor S (soma)	Al ³⁺	H ⁺	Valor T (soma)			
Aup	5,99		9,20	2,80	0,04	0,00	12,04	0,0	3,84	15,90	76	79	
Au1	6,27		10,40	2,30	0,01	0,00	12,71	0,0	2,74	15,50	82	23	
Au2	6,02		4,00	1,30	0,00	0,00	5,30	0,0	2,14	7,40	71	26	
AB	6,78		3,20	1,20	0,00	0,00	4,40	0,0	0,74	5,10	86	12	
BA	6,97		2,60	1,00	0,00	0,00	3,60	0,0	0,44	4,00	89	3	
Bw1	7,06		2,10	1,00	0,00	0,00	3,10	0,0	0,44	3,50	88	2	
Bw2	5,14		1,00	0,70	0,00	0,00	1,70	0,0	0,64	2,30	73	2	

Horizonte	C (orgânico) g kg ⁻¹	N g kg ⁻¹	Relação C/N	Ataque sulfúrico g kg ⁻¹						Relações moleculares			Fe ₂ O ₃ livre g kg ⁻¹
				SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	SiO ₂ Al ₂ O ₃	SiO ₂ R ₂ O ₃	Al ₂ O ₃ Fe ₂ O ₃	
										(Ki)	(Kr)		
Aup	35,7	2,52	14	83	131	22	5,8			1,08	0,97	9,35	
Au1	23,5	2,07	12	83	123	23	6,1			1,15	1,02	8,40	
Au2	10,7	0,77	13	98	153	26	8,4			1,09	0,98	9,24	
AB	7,6	0,74	9	104	162	30	8,4			1,09	0,98	8,48	
BA	5,1	0,56	8	106	176	30	8,5			1,02	0,92	9,21	
Bw1	4,3	0,18	21	108	184	30	8,7			1,00	0,90	9,63	
Bw2	3,7	0,07	40	94	173	30	8,8			0,92	0,83	9,05	

Relação textural: 1,09

PERFIL: 7

A – DESCRIÇÃO GERAL

DATA: 19/09/2016

CLASSIFICAÇÃO: LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico, A proeminente, textura franco-argilo-arenosa.

Linha 5 da 3ª para quarta eixo, km 8,5.

MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS: Município de Cerejeiras, Rondônia. 0727534/ 8531061 UTM, datum horizontal: WGS 84.

SITUAÇÃO: Terraço fluvial

DECLIVE: 0-3% (plano)

ELEVAÇÃO: 226 m

LITOLOGIA: Sedimentos colúvio-aluviais

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Coberturas cenozoicas clásticas

MATERIAL ORIGINÁRIO: Sedimentos

PEDREGOSIDADE: Não Pedregosa

ROCHOSIDADE: Não rochoso

RELEVO LOCAL: Plano

RELEVO REGIONAL: Plano

EROSÃO: Não aparente

DRENAGEM: Bem drenado

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Floresta Tropical Subcaducifólia

USO ATUAL: Lavoura de soja e milho

DESCRITO E COLETADO POR: Rafael de Souza Cavassani, Lúcia Helena Cunha dos Anjos, Luiz Carlos Cavassani e Renata de Souza Cavassani.

B - DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

Ap1 0-13 cm, bruno-amarelado (10YR 5/4, seca); bruno-escuro (10YR 4/3, úmida); franco-argilo-arenosa; moderada, muito pequena, blocos subangulares; ligeiramente dura, friável, ligeiramente plástica, ligeiramente pegajosa; transição plana e clara.

Ap2 13-21 cm, bruno-amarelado (10YR 5/4, seca); bruno-amarelado-escuro (10YR 3/4, úmida); franco-argilo-arenosa; moderada, muito pequena, blocos subangulares; ligeiramente dura, friável, ligeiramente plástica, ligeiramente pegajosa; transição plana e clara.

AB 21-38 cm, bruno-amarelado (10YR 5/4, seca); bruno-amarelado-escuro (10YR 3/4, úmida); argila; moderada, muito pequena, pequena, blocos subangulares; ligeiramente dura, friável, ligeiramente plástica, ligeiramente pegajosa; transição plana e difusa.

BA 38-66 cm, bruno-amarelado (10YR 5/4, úmida); argila; moderada, muito pequena, pequena, blocos subangulares; ligeiramente dura, friável, plástica, pegajosa; transição plana e difusa.

Bw1 66-110 cm, bruno (7,5YR 5/4, úmida); argila; moderada, muito pequena, pequena, blocos subangulares; ligeiramente dura, friável, plástica, pegajosa; transição plana e difusa.

Bw2 110-131 cm, bruno-forte (7,5YR 5/6, úmida); franco-argilosa; moderada, muito pequena, pequena, blocos subangulares; ligeiramente dura, friável, plástica, pegajosa; transição plana e difusa.

Bw3 121-141⁺ cm, bruno-forte (7,5YR 5/8, úmida); franco-argilosa; moderada, muito pequena, blocos subangulares; ligeiramente dura, friável, plástica, pegajosa.

RAÍZES- Comuns finas no horizonte Ap1; raras finas em Ap2 e AB; poucas finas em BA; raras finas em Bw1 e Bw2; raras finas em Bw3.

OBSERVAÇÕES- Horizontes Ap1 e Ap2 ligeiramente compactados.

Análises Físicas e Químicas

Perfil nº 7

Horizonte		Frações da amostra total g kg ⁻¹			Composição granulométrica da terra fina. (g kg ⁻¹)				Argila dispersa em água g kg ⁻¹	Grau de floculação %	Relação silte/ argila	Densidade kg dm ⁻³	
Horizonte	Profundid. cm	Calhaus >20 mm	Cascalhos 20-2 mm	Terra fina <2 mm	Areia grossa 2-0,2 mm	Areia fina 0,2- 0,05 mm	Silte 0,05- 0,002 mm	Argila <0,002 mm				Solo	Partícula
Ap1	0-13			1000	400	113	143	344	113	67	0,42	1,19	2,56
Ap2	13- 21			1000	352	135	85	428	201	53	0,20	1,19	2,67
AB	21-38			1000	277	120	187	416	202	51	0,45	1,2	2,60
BA	38 -66			1000	319	133	135	413	86	79	0,33	1,01	2,60
Bw1	66-110			1000	332	122	93	453	67	85	0,21	0,99	2,67
Bw2	110-131			1000	344	110	187	359	42	88	0,52	1,03	2,67
Bw3	131-151+			1000	262	147	231	360	7	98	0,64	-	2,63
Horizonte	pH (1:2,5)		Complexo sortivo cmol _c kg ⁻¹								Valor V (sat.por bases) %	P assimilável mg kg ⁻¹	
	Água	KCl 1N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Valor S (soma)	Al ³⁺	H ⁺	Valor T (soma)			
Ap1	5,36		2,80	1,30	0,03	0,00	4,13	0,0	3,94	8,00	51	10	
Ap2	4,8		1,30	0,40	0,01	0,00	1,71	0,3	3,94	6,00	29	3	
AB	4,72		0,80	0,70	0,01	0,00	1,51	0,2	3,54	5,30	29	2	
BA	4,76		1,00	0,40	0,00	0,00	1,40	0,0	2,64	4,00	35	2	
Bw1	4,94		0,60	0,60	0,00	0,00	1,20	0,0	1,64	2,80	42	1	
Bw2	4,69		0,80	0,30	0,00	0,00	1,10	0,0	1,34	2,40	45	1	
Bw3	4,78		0,40	0,60	0,00	0,00	1,00	0,0	1,24	2,20	45	1	

Horizonte	C (orgânico) g kg ⁻¹	N g kg ⁻¹	Relação C/N	Ataque sulfúrico g kg ⁻¹						Relações moleculares			Fe ₂ O ₃ livre g kg ⁻¹
				SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	SiO ₂ Al ₂ O ₃	SiO ₂ R ₂ O ₃	Al ₂ O ₃ Fe ₂ O ₃	
										(Ki)	(Kr)		
Ap1	19,2	1,68	12	95	177	39	9,8			0,91	0,80	7,13	
Ap2	16,1	1,09	14	96	188	41	11,1			0,87	0,76	7,20	
AB	10,3	0,63	18	99	195	41	10,2			0,86	0,76	7,47	
BA	8,3	0,63	12	102	207	48	11,6			0,84	0,73	6,77	
Bw1	7,7	0,35	17	108	217	51	12,9			0,85	0,74	6,68	
Bw2	6,2	0,11	47	100	218	50	11,9			0,78	0,68	6,85	
Bw3	4,4	0,14	26	98	216	45	9,9			0,77	0,68	7,54	

Relação textural: 1,20