

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

GABRIEL FERREIRA FRANCO

**ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA MATÉRIA ORGÂNICA EM SOLOS
DO ESTADO DO AMAZONAS**

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2015**

GABRIEL FERREIRA FRANCO

**ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA MATÉRIA ORGÂNICA EM
SOLOS DO ESTADO DO AMAZONAS**

**Monografia apresentada ao Curso de Geografia
da Universidade Federal de Viçosa como
requisito para obtenção do título de bacharel em
Geografia.**

**Orientador: Prof. José João Lelis Leal de Souza
Coorientador: Prof. André Luiz Lopes de Faria**

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2015**

GABRIEL FERREIRA FRANCO

**ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA MATÉRIA ORGÂNICA EM
SOLOS DO ESTADO DO AMAZONAS**

**Monografia, apresentada ao Curso de Geografia
da Universidade Federal de Viçosa como
requisito para obtenção do título de bacharel em
Geografia.**

APROVADA: 18 de novembro de 2015.

Prof. José João Lelis Leal de Souza
(Orientador)
(UFV)

Prof. André Luiz Lopes de Faria
(Coorientador)
(UFV)

Prof. Wagner Barbosa Batella
(UFV)

Prof. Liovando Marciano da Costa
(UFV)

Agradecimentos

Primeiramente agradeço a Deus pela saúde e fé que me foi concedida e por ter colocado pessoas tão especiais no decorrer de minha vida. Agradeço principalmente minha mãe Dona Regina Marta Franco, a qual não tenho palavras para descrever toda gratidão e respeito que tenho por ela. Obrigado por tudo MÃE!

Agradeço a meu falecido pai Gabriel Ladeira Franco, o famoso “Bieca”, pelo curto período de convivência, mas que foram de extrema valia para meu crescimento pessoal, além do exemplo de honestidade e caráter. As minhas irmãs Rafaela e Fabiana, pelo apoio incondicional, pelas brigas e risadas que fazem parte de toda irmandade. E a toda família Ferreira e Franco, sempre presentes em minha vida.

Complementando a sorte que me foi concedida, tenho o privilégio de ser parte de uma família que não foi construída por laços sanguíneos, sendo esta um tanto quanto divertida, atrapalhada ou até mesmo esquisita, mas que em meio a todas essas peculiaridades, esconde um grande tesouro, a AMIZADE. Agradeço a cada dia pela oportunidade convivência com vocês meus amigos da turma dos “TESOUROS” de Prados- MG. A todos vocês que estão presentes no meu dia a dia e a você Frederico Ladeira (Fred) que nos deixou mais cedo, mas que junto com meu pai olha por mim todos os dias, meus sinceros agradecimentos.

Por fim e não menos importante agradeço de coração a todos amigos que fiz durante a graduação na cidade de Viçosa MG, pela recepção e acolhida que recebi ao longo destes 5 anos.

Ao amigo, Prof. André Luiz Lopes de Faria, pelas oportunidades de aprendizado durante toda graduação e momentos de descontração.

Ao amigo e orientador, Prof. José João Lelis Leal de Souza (JJ), pelas boas conversas no dia a dia, pela oportunidade de estágio, paciência com as inúmeras dúvidas que tive durante a graduação e compromisso com a orientação desta monografia. Sem dúvidas um dos profissionais mais competentes com quem já trabalhei.

E a meus grandes amigos de Viçosa MG. Aos pradenses e vizinhos Raphael, Juliana e Suzana pelas boas conversas nas noites de sexta, que ajudavam a amenizar a saudade de casa. E os companheiros de Geografia e da “Panelinha”, Vitão, Ítala (It), Galvão, Nael, Roberson, Saymon, Bia, Maíra, Xisto, Edilson, entre outros, pelas inúmeras risadas, festas, discussões, bebedeiras, etc, etc, etc. “É NÓIS”!

Obrigado a todos vocês por terem contribuído para conclusão de mais esta etapa de minha vida!

Muito obrigado!

“ Nada é mais real que aprender a maneira simples de viver, tudo é tão normal se a gente não se cansa nunca de aprender, sempre olhar como se fosse a primeira vez, se espantar como crianças a perguntar por quês ... ! ”

Música: Maneira Simples

Cantor: Almir Sater

Compositores: Almir Sater e Paulo Simões

LISTA DE FIGURAS

Figura 01- Arco do desmatamento	4
Figura 02- Tipos de Vegetação encontradas no domínio Amazônico.....	9
Figura 03- Mapa de Localização do estado do Amazonas.....	8
Figura 04- (C) localização da área de estudo na América do Sul. (B) Províncias Geológicas do estado do Amazonas. (A) amostras coletadas na área de estudo de acordo com a classificação de solo.....	15
Figura 05- Linhas de precipitação e teor de MO dos pontos de coleta.....	18
Figura 06- Formações Florestais e teor de MO dos pontos de coleta	19
Figura 07- Correlação entre as propriedades do solo das subordens mais representativas geograficamente do estado do Amazonas.....	23
Figura 08- Teor de carbono no horizonte superficial dos solos do bioma Amazônico.....	29
Figura 09- Distribuição espacial dos teores medianos de matéria orgânica em solos do estado do Amazonas	30

LISTA DE TABELAS E GRÁFICOS

Tabela 1- Propriedades físico-químicas determinadas nas amostras.....16

Tabela 2- Estatística descritiva (média- mediana- coeficiente de variação) das propriedades das ordens e subordens dos solos do estado do Amazonas 20

Gráfico 1- Estatística descritiva dos teores médios de matéria orgânica21

Tabela 3- Estatística descritiva (média- mediana- coeficiente de variação) das propriedades das ordens e subordens dos Gleissolos e Neossolos divididos por Bacia Hidrográfica..... 22

RESUMO

A presente pesquisa teve o intuito de quantificar o teor de matéria orgânica (MO) do horizonte superficial dos solos do estado do Amazonas e como é sua distribuição espacial. A escolha desta área de estudo é atribuída à relevância do estado do Amazonas com relação a estocagem de carbono no solo e a grande área coberta por florestas preservadas. A floresta Amazônica é considerada a mais importante do mundo para o equilíbrio do carbono global, devido ao armazenamento de CO₂ no solo e na vegetação. Foram realizadas análises de textura, reatividade, teor de matéria orgânica e do complexo sortivo do solo, para as 67 amostras coletadas. Para melhor representar a variabilidade pedológica do estado foram acrescentadas mais 656 amostras coletadas pelo projeto RADAM BRASIL, pela EMBRAPA e por estudos realizados na área, totalizando 723 amostras. Foram realizadas análises de estatística descritiva a nível de ordem e subordem do solo e a correlação de *Pearson* para as subordens de maior abrangência territorial. Os solos são ácidos, geralmente argilosos e possuem baixos valores de soma de bases (SB) e capacidade de troca catiônica a pH 7 (T). Os Gleissolos e Neossolos Flúvicos por serem menos intemperizados possuem maior soma de bases. Os valores medianos de pH, SB e T foram semelhantes entre as subordens Latossolos Amarelos, Argissolos Amarelos, Argissolos Vermelhos e Latossolos Vermelhos, que também apresentaram os maiores teores medianos de MO e argila e os menores coeficientes de variação (C.V) de MO. Espodossolos e Planossolos também apresentaram teores elevados de MO, porém os valores de C.V ficaram entre os maiores. Os Neossolos apresentaram os menores teores de MO. Solos encontrados em terra firme, como Latossolos e Argissolos, apresentaram correlação alta entre o teor de MO e argila, SB e T. Por outro lado, os solos que estão em áreas de várzea como Gleissolos e Neossolos, apresentaram correlação baixa entre a MO e as outras variáveis. Foi realizada uma análise para Gleissolos e Neossolos divididos por bacia hidrográfica. Constatou-se que os maiores teores de MO são encontrados nos solos da bacia do Rio Negro, que os maiores valores de SB estão localizados na bacia do Rio Amazonas, principalmente no médio e baixo Amazonas. Os diferentes teores de MO encontrados entre ordens e subordens foram atribuídos à preservação e proteção do carbono em solos mais argilosos ou então pelo processo de formação pedogenética e a posição na paisagem. Os Latossolos Amarelos apresentaram os maiores teores de MO e sua proximidade ao arco do desmatamento, juntamente com os problemas relacionados a questão fundiária, podem acarretar problemas futuros com relação à modificação do uso do solo e perda dos estoques de carbono no solo. Os Gleissolos Háplicos apresentaram teores intermediários de MO, porém são os solos que mais sofrem com a antropização devido ao processo de ocupação que ocorreu e ainda ocorre no estado. Os Argissolos Amarelos apresentaram teores elevados de MO e cobrem uma área de quase metade do estado, mostrando que seu manejo deve ser realizado com prudência afim de evitar grandes perdas do carbono estocado no solo.

Palavras-chave: Amazônia, Matéria Orgânica, Desmatamento, Solos, Amazonas.

ABSTRACT

This study aimed to quantify the content of organic matter (OM) of top soil of the Amazon state of soils and how their spatial distribution. The choice of this subject area is assigned to the relevance of Amazonas State in relation to the soil carbon storage and the covered area by preserved forests. The Amazon rainforest is considered the most important in the world for the balance of the global carbon due to CO₂ storage in the soil and vegetation. Were accomplished analysis of texture, reactivity, content of organic matter and of the complex sorptive of the soil, for the 67 samples collected, followed by analyzes of descriptive statistics at the level of order and suborder of the soil and *Pearson's* correlation with the suborders of larger territorial coverage. To better represents the pedological variability of the state were added more 656 samples collected by RADAM BRAZIL project by EMBRAPA and studies in that area, totaling 723 samples. The soils are acidic, loamy and generally have low sum of bases values (SB) and cation exchange capacity at pH 7 (T). The Entisols for being less weathered have SB's higher levels. Median pH, SB and T were similar between the suborders Yellow Oxisols, Yellow Ultisols, Red Ultisols and Oxisols, which also had the highest median levels of organic matter and clay and the lower coefficients of variation (CV) of MO. Spodosols and Alfisols also showed high levels of MO, but the C.V values were among the biggest. The Entisols have the lowest OM contents. Soils found on solid ground as Oxisols and Ultisols showed good correlation between OM content and clay, SB and T. On the other hand, soils that are in lowland areas like Entisols, showed low correlation between the MO and the other variables. Were accomplished one analyse for Entisols divided by watershed. It was found that the greatest MO levels are found in the Black River basin soil, the larger SB values are located in the Amazon River basin, especially in the middle and lower Amazon. The differents MO levels found between orders and suborders were attributed to carbon preservation and protection in more clayey soils or else by pedogenetic formation process and the position in the landscape. The Yellow Oxisols showed the highest levels of MO and its proximity to the arc of deforestation together with the problems related to land tenure can lead to future problems with regard to land use change and loss of carbon stocks in the soil. The Entisols have intermediate levels of MO but are soils that suffer most from human disturbance due to the occupation process that has occurred and still occurs in the state. The Yellow Ultisols showed high levels of MO and cover an area of almost half of the state, showing that its management should be performed with caution in order to avoid large losses of carbon stored in the soil.

Keywords: Amazon, Organic Matter, Soil, Environment, Amazonas.

SUMÁRIO

Agradecimentos	IV
Lista de Figuras	VI
Lista de Tabelas.....	VII
Resumo	VIII
Abstract	IX
Sumário	X

1. INTRODUÇÃO	1
2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	5
3. REFERENCIAL TEÓRICO.....	10
3.1 Os benefícios da matéria orgânica para o solo	12
3.2 O uso da estatística descritiva e do SIG	13
4. METODOLOGIA	14
4.1 Análises químicas e físicas dos solos	16
4.2 Procedimentos estatísticos e análise da distribuição espacial dos teores de MO.....	16
5. RESULTADOS.....	17
5.1 Estatística descritiva das subordens de Neossolos e Gleissolos divididas por Bacia Hidrográfica.....	22
5.2 Matriz de Correlação	23
6. DISCUSSÃO	25
6.1 Estoques de carbono nos solos do mundo e nos biomas do Brasil	27
6.2 Intervenções antrópicas no bioma Amazônico e conservação de carbono no solo	31
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	36
8. REFÊRENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:.....	37

1. INTRODUÇÃO

Desde a Revolução Industrial, o planeta é palco de significativas transformações associadas ao crescimento populacional, ao desenvolvimento tecnológico e à necessidade de modernização da agricultura (IBGE, 2015b). Mais recentemente, a concentração populacional em centros urbanos, o avanço das fronteiras agrícolas sobre as coberturas de vegetação e a crescente complexidade das redes de comunicação e transportes têm gerado expressivas mudanças na cobertura e uso da terra (IBGE, 2015a). Essas mudanças, por sua vez, geram diversos impactos ao meio ambiente. Muitos destes impactos ocorrem no bioma* Amazônico, que abrange boa parte do território brasileiro.

O Domínio morfoclimático Amazônico estende-se do oceano Atlântico até as encostas orientais da Cordilheira dos Andes, a aproximadamente 600 m de altitude (AB´SABER, 1977). A Amazônia está localizada ao norte da América do Sul, ocupando uma área que representa aproximadamente 59% do território brasileiro, ou quase 6 milhões de km². Nesta extensa área vivem em torno de 24 milhões de pessoas, segundo o Censo 2010, distribuídas nos estados do Acre, Amapá, Amazonas, Goiás, Maranhão, Mato Grosso, Pará, Rondônia, Roraima, Tocantins (IBGE, 2011). Em relação à biodiversidade, a Amazônia legal** abriga dois importantes biomas brasileiros, 20 % do bioma Cerrado e todo bioma Amazônico a qual se configura como o mais extenso dos biomas brasileiros (IBGE, 2012; IBGE, 2015b). Este bioma equivale a um terço das florestas tropicais úmidas do planeta, concentrando a mais elevada biodiversidade, um dos maiores bancos genéticos e um quinto da disponibilidade da água potável do mundo (IBGE, 2011; IBGE, 2012; IBGE, 2015b).

Entre as dificuldades de se gerir um bioma tão vasto e complexo, um dos maiores problemas é referente ao desmatamento. O desmatamento diminui a cada ano na região da Amazônia Legal, porém no acumulado ainda ocorre de maneira alarmante (IBGE, 2012; IBGE, 2015b). A frente de desmatamento é ligada às políticas de desenvolvimento na região, tais como especulação de terra ao longo das estradas, crescimento das cidades,

* Bioma: É uma área do espaço geográfico, com dimensões de até mais de um milhão de km², que tem por características a uniformidade de um macroclima definido, de uma determinada fitofisionomia ou formação vegetal, de uma fauna e outros organismos associados, e de outras condições ambientais, como altitude, o solo, alagamentos, entre outros (COUTINHO, 2005).

** Amazônia legal : A Amazônia legal é um área que corresponde a 59% do território brasileiro e engloba a totalidade de oito estados (Acre, Amapá, Amazonas, Mato Grosso, Pará, Rondônia, Roraima e Tocantins) e parte do estado do Maranhão (IPEA).

aumento da pecuária bovina, exploração madeireira, agricultura familiar e mais recentemente a agricultura mecanizada, principalmente ligada ao cultivo da soja e algodão (FEARNSIDE, 2003; ALENCAR *et al.*, 2004). O anúncio de projetos de construção e de melhoria de rodovias leva a uma corrida especulativa de terra, com “grileiros” (grandes pretendentes ilegais de terra), frequentemente tomando posse de áreas extensas em antecipação de lucros vindos do aumento do preço da terra, pelo fato da rodovia estar sendo reformada ou ter sido construída (FEARNSIDE, 2006). Lal *et al.*, (2005) e Willians *et al.*, (2007), destacam que a falta de fiscalização e estudos sobre a mudança do uso da terra é um problema encontrado tanto nas florestas tropicais do Brasil quanto da África.

A conversão da vegetação de floresta em pastagens ou áreas destinadas a agricultura engendra uma série de mudanças com relação às características químicas e físicas do solo, que poderão alterar os estoques de carbono deste compartimento. O solo é o compartimento que mais estoca carbono no ecossistema terrestre (2500 Pg C) e apresenta aproximadamente 4 vezes o compartimento de C da vegetação e 3,3 vezes o carbono da atmosfera, sendo constituído pelo carbono orgânico (1500Pg C) e mineral (1000Pg C) (MACHADO, 2005).

Solos florestais são considerados sumidouros potenciais de CO₂ e possuem papel importante por sequestrar o carbono. O uso do solo perene favorece a manutenção da biomassa e dos estoques de C no solo (LAL, 2005). Desta maneira, Bernoux *et al.*, (2001) afirma que em ecossistemas não alterados pela ação humana, as condições de clima e solo são os principais determinantes do balanço de carbono porque eles controlam as taxas de produção e decomposição. Assim, mudanças no uso da terra causam perturbações nos estoques de C. A conversão da floresta em ecossistemas agrícolas pode resultar na perda de 20 a 50 % do carbono no solo (LAL, 2005). A substituição da vegetação natural por atividade agrícola não só diminui a quantidade de carbono retida nos solos como permite sua emissão para a atmosfera, e diferentes manejos do solo influenciam mais ou menos nesta redução (IBGE, 2011).

A floresta amazônica recebe destaque tendo em vista que ela cobre uma área de 60 % das florestas tropicais do mundo (DIXON *et al.*, 1994). Sendo considerada a maior e uma das mais importantes para o equilíbrio de carbono global (DIAS, 2006).

Dada a importância da conservação e do uso sustentável do seu patrimônio natural, o Brasil assumiu compromissos, por meio da adesão a tratados internacionais, como a Convenção da Diversidade Biológica (CDB) e a Convenção de Áreas Úmidas

(RAMSAR). Assumiu também o compromisso no âmbito da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (UNFCCC) de reduzir em 38% suas emissões de gases de efeito estufa até 2020 (MMA, 2015).

Observando a importância da manutenção da cobertura vegetal para preservar a diversidade biológica, a conservação da água e capacidade reguladora do clima devido aos grandes estoques de carbono contidos na floresta e no solo, o estado do Amazonas, tornou-se o primeiro estado brasileiro a promulgar uma lei específica Ordinária Estadual nº. 3.135/2007 para mudanças climáticas (CECLIMA, 2010). Que foi acompanhada por outro diploma legal, a lei complementar estadual nº. 53 /2007, que estabeleceu o sistema de unidades de conservação do estado e conceituou no país os termos “estoque de carbono” e “serviços e produtos ambientais” (CECLIMA, 2010).

O estado do Amazonas destaca se pela extensão e pela preservação da floresta. Apresenta a maior área territorial do País, ocupando mais de 18% do território e detendo 98% de sua cobertura vegetal preservada (SOARES *et al.*, 2006; IBGE, 2010; IBGE, 2011). Além disso, o estado é um dos maiores mananciais de água doce do mundo e sofre influência de fatores naturais como precipitação, vegetação e altitude (IBGE, 2011; IBGE, 2012; IBGE, 2015b).

Apesar das medidas implantadas para reduzir o desmatamento, documentos e relatórios recentes do Instituto Imazon em 2014 e do IBGE (2015a; 2015b), mostram que focos de remoção da cobertura vegetal e alteração do uso da terra vêm sendo encontrados recentemente na porção leste e sul do estado próximo ao arco do desmatamento*** (Figura 1). Além disto, apesar da importância dos solos em áreas florestais para conservação dos estoques de carbono, existem poucos trabalhos que destacam quais ordens e subordens de solos possuem mais relevância com relação à quantidade de carbono estocado e quais processos contribuem para este acúmulo. Com o intuito de preencher tal lacuna, este estudo vai analisar a distribuição do C em solos minimamente antropizados do estado do Amazonas.

*** Arco do desmatamento: Região onde a fronteira agrícola avança em direção a floresta e também onde se encontram-se os maiores índices de desmatamento da Amazônia. São 500 mil km² de terras que vão de leste a sul do Pará em direção a oeste, passando por Mato Grosso, Rondônia e Acre (IPAM).

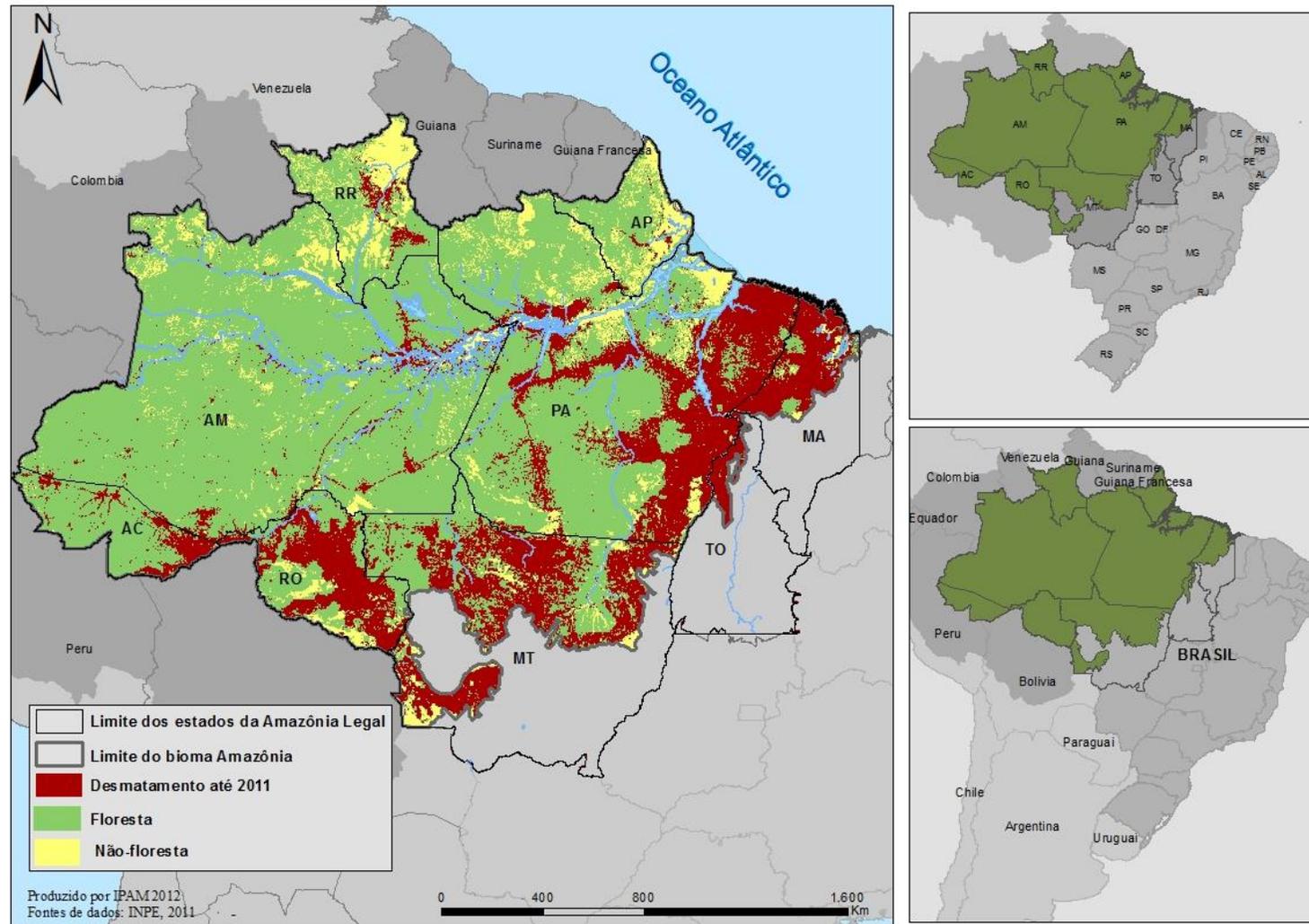


Figura 1- Arco do desmatamento na Amazônia. Fonte: (INPE).

2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O Domínio Morfoclimático**** amazônico segundo Ab'Saber (2003), localiza-se na região norte do Brasil, com terras baixas, grande processo de sedimentação, clima e floresta equatorial. O estado do Amazonas está inserido neste domínio, apresentando características distintas devido sua extensão.

O clima do estado do Amazonas, segundo Marengo (2009), possui um nítido gradiente longitudinal, sendo que as menores precipitações são em torno de 1700 mm e as maiores ultrapassam os 4000 mm. Existem duas estações bem definidas o inverno (chuvoso) e a seca ou menos chuvosa (verão) (IBGE, 2011). Ao norte e na porção central do estado não existe um período de seca pronunciado, sendo observado os maiores índices pluviométricos, enquanto na porção leste já são observados de 1 a 3 meses de seca durante o ano. Geralmente, as temperaturas do estado se mantêm acima dos 18° C (IBGE, 2015a). Grande parte da geologia é composta por extensas coberturas fanerozóicas abrangendo boa parte do território amazonense, distribuídas em bacias como a do Amazonas e a do Alto Tapajós. Os solos mais representativos nas áreas de bacia sedimentar são Argissolos Amarelos -PA- que representam uma área de (45,42%) do estado, os Latossolos Amarelos -LA- (18,49 %), Plintossolos Háplicos -FX- (3,53%) e manchas de Espodossolos -E-.

Rochas pré-cambrianas são encontradas no cráton amazônico, como os Granodioritos e Granitos. O cratón é dividido pelo escudo das Guianas, ao norte da bacia do Amazonas, e o Brasil-Central, ao sul desta mesma bacia. Em áreas cratônicas observa-se a presença de Latossolos Vermelho-Amarelos com uma área de (8,04%), Espodossolos -E- (7,21%), Neossolos Quartzarênicos -RQ- (0,91%) e algumas manchas de Latossolos Amarelos (IBGE, 2015a).

Depósitos sedimentares do Quaternário são localizados próximos aos leitos dos rios, onde é encontrada a Planície Amazônica. Nas planícies são encontrados os solos de várzea como os Gleissolos Háplicos -GX-, com uma área de 9,43% e os Neossolos Flúvicos -RY- (1,62%) (CPRM, 2006; CPRM, 2010; IBGE, 2015a). Grandes depressões como a do Rio Negro, Rio Madeira, Rio Amazonas e Rio Solimões, estão sob as coberturas fanerozóicas. Na porção leste do estado é observado o Planalto Médio do Rio

**** Domínio Morfoclimático: Os domínios morfoclimáticos e fitogeográficos mencionados por Ab' Saber (1977) tem dimensões subcontinentais de milhões a até centenas de milhares de km² (COUTINHO, 2005).

Sugunduri e ao norte são encontrados os Tabuleiros do Baixo Rio Amazonas, o Planalto Rebaixado do Rio Negro/Uatumã, Planalto Residual do Norte da Amazônia, o Pediplano do Rio Negro/Branco. Ao sul e a oeste são encontradas as Colinas do Acre e as Colinas do Rio Javari/Juruá (IBGE, 2015a).

A principal formação florestal encontrada na porção central e leste do estado é a Floresta Ombrófila Densa que ocupa as terras baixas, abrangendo boa parte das ordens de solos encontradas no Amazonas. A porção oeste possui maior presença de Floresta Ombrófila Aberta em terras baixas e, ao norte, é encontrada a Vegetação de Campinarana, onde são observados os Espodosolos e Latossolos Vermelhos, além da presença da Florestas Ombrófila Densa submontana (IBGE, 2015a).

Entre os tipos de vegetação encontradas no domínio amazônico se destacam na parte mais alta da paisagem a mata de “terra firme” que se associa a Latossolos e Argissolos, desta maneira não sofrendo com inundações. Na parte intermediária da paisagem encontra-se a mata de “várzea” que pode ser alagada em algumas épocas do ano e está associada a Gleissolos e Neossolos. Por fim, existe a presença da mata de “igapó” que são as áreas mais baixas da paisagem e ficam constantemente inundadas (Figura 2).

Os solos encontrados no estado do Amazonas geralmente são muito intemperizados ou estão em condições hidromórficas. Os Latossolos são solos muito lixiviados, passaram por intenso intemperismo e possuem o horizonte Bw argiloso (EMBRAPA, 2006). Os Argissolos são solos pobres e muito intemperizados, porém se distinguem dos Latossolos pela presença do horizonte Bt e pelo seu menor grau de intemperismo (EMBRAPA, 2006).

Os Gleissolos são solos jovens e estão associados a ambientes anaeróbicos que potencializam o acúmulo de matéria orgânica e possuem um horizonte glei imediatamente abaixo do horizonte A (EMBRAPA, 2006). Os Neossolos são solos jovens que podem apresentar maior soma de bases e pH menos ácido. Estão relacionados a oscilação dos rios, fazendo com que ele seja constituído por diferentes camadas de sedimentos (EMBRAPA, 2006). Os Plintossolos apresentam mosqueados ou petroplintita, devido a formação de concreções influenciadas pela oscilação do lençol freático e geralmente são mal drenados (EMBRAPA, 2006). Os Espodosolos são solos pobres, constituídos basicamente por areia e formados devido a sua posição na paisagem. Acumulam matéria orgânica devido as condições hidromórficas que são encontrados e podem formar o horizonte Bh (EMBRAPA, 2006).

A ocupação do estado do Amazonas coincide com o início do ciclo da borracha que ocorreu entre os anos 1890 e 1920 (AB'SABER, 2003). Posteriormente, entre a década de 60 e 70 a cidade de Manaus começou a passar por um intenso processo de ocupação (NOGUEIRA *et al.*, 2007). Ainda na década de 60 do século passado, a ocupação de Manaus e do Estado do Amazonas foi impulsionada pela extração de ouro de aluvião nas margens de alguns rios do estado como o Rio Madeira e também pelo projeto de integração da região amazônica promovido pelo governo militar (BECKER, 1991; LINHARES *et al.*, 2009). A (Figura 3) mostra o mapa de localização do estado do Amazonas, suas unidades geológicas e as ordens de solo predominantes.

Atualmente, segundo o Censo de 2010 realizado pelo IBGE o estado do Amazonas possui um baixo índice demográfico, com 2,23 habitantes por quilômetro quadrado e possui uma população de 3,4 milhões de habitantes. Mais da metade desta população está concentrada na capital Manaus. O Amazonas ainda possui cerca de 65 grupos indígenas detendo a maior população de índios do país.

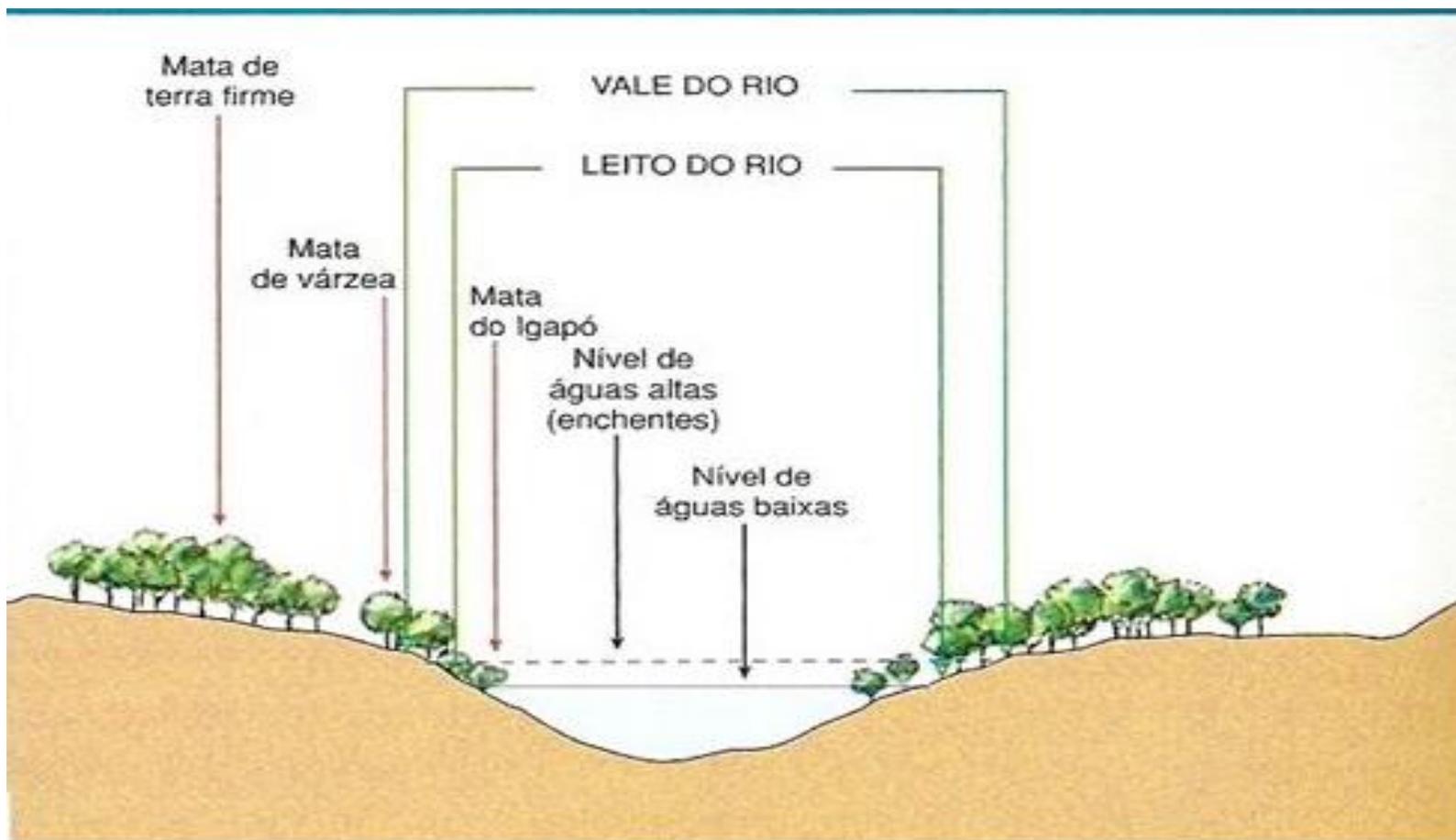


Figura 2- Tipos de vegetação da Amazônia Brasileira. Fonte (Google Imagens).

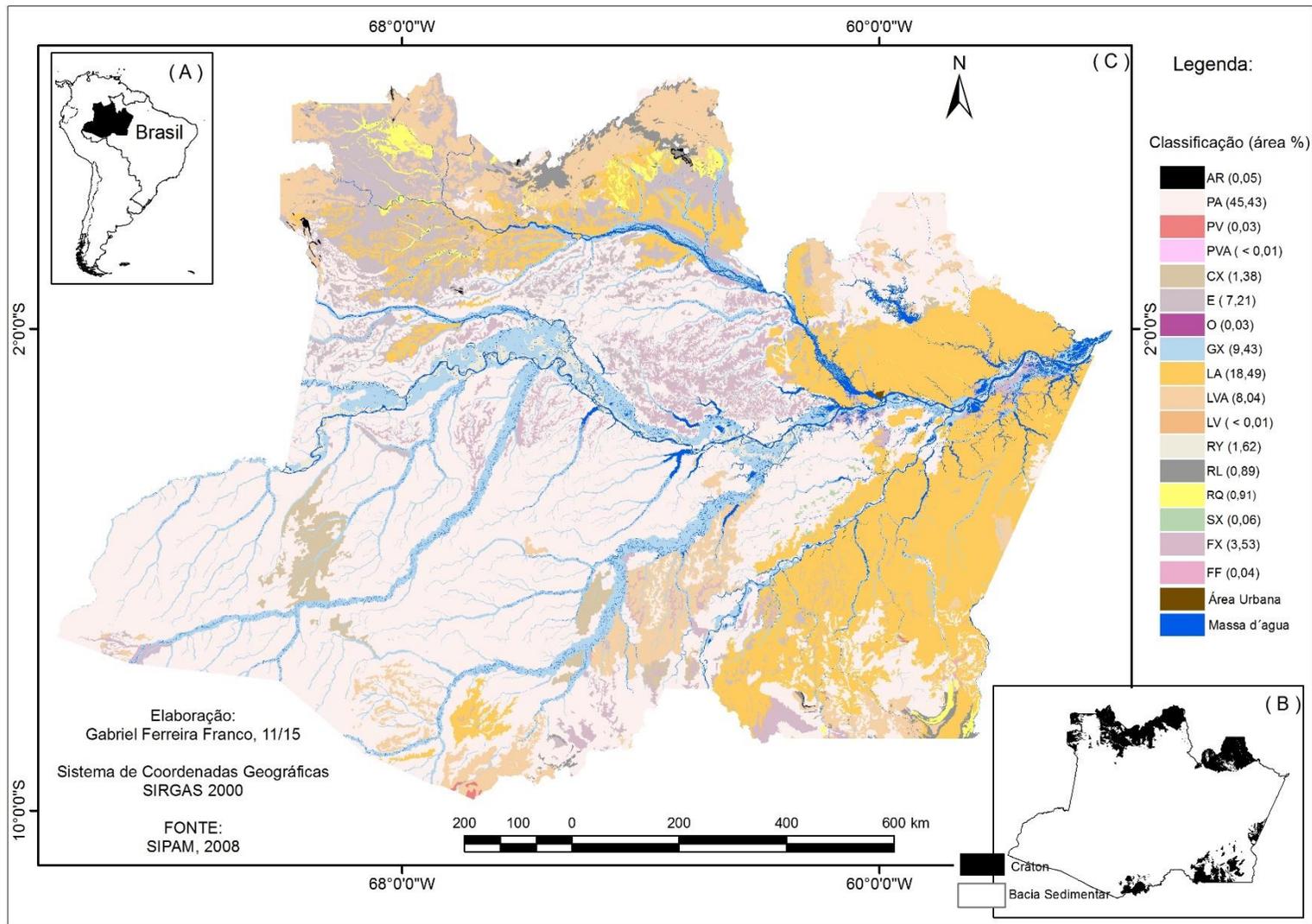


Figura 3- Mapa de Localização

3. REFERENCIAL TEÓRICO

Apesar do relativo baixo teor de MO em solos tropicais este componente do solo está em constante mudança e exerce significativa influência em propriedades químicas, físicas e biológicas principalmente nos horizontes superficiais (BRADY, 2013). O carbono é o principal elemento constituinte da matéria orgânica no solo. O teor médio de carbono orgânico presente na matéria orgânica humificada é de cerca de 58%. A porcentagem de matéria orgânica é calculada multiplicando o resultado do carbono orgânico por 1,724 (SILVA e MENDONÇA, 2007; EMBRAPA, 2011).

A matéria orgânica do solo é composta por, 1- Organismos vivos: Biomassa; 2- Tecidos mortos identificáveis: Detritos; 3- Tecidos mortos e não identificáveis: Húmus. O Húmus por sua vez se divide em substâncias húmicas (SH) e substâncias não húmicas (SNH). As (SH) correspondem de 60 a 80% de sua composição do húmus e é resistente ao ataque de microrganismos. Já as (SNH) correspondem de 20 a 30% da composição do húmus, sendo menos resistentes a ataques de microrganismos (BRADY, 2013).

A entrada de C no solo está relacionada, principalmente, com o aporte de resíduos de biomassa aérea e radicular das plantas, liberação de exsudados radiculares, entre outros fatores (SANTOS e VIEIRA, 1987; SILVA e MENDONÇA, 2007). O sequestro, a magnitude e a qualidade da MO depende do solo, do clima, da vegetação e composição química do material orgânico. É importante destacar que aumentar a biomassa não necessariamente reflete em maiores teores de MO no solo e o fogo pode alterar os estoques de C por longos períodos (LAL, 2005).

Os diferentes valores do estoque de carbono no solo possuem relação estreita com o clima e a vegetação. Isto pode ser notado nas formações florestais encontradas nas baixas e altas latitudes como na Floresta Boreal, nos Campos Temperados, nas Savanas tropicais, nos Pântanos e Florestas tropicais que apresentam os maiores estoques de C na profundidade de 0 a 100 cm. Sendo que as maiores áreas encontradas estão localizadas nas savanas tropicais, na floresta tropical e na floresta boreal (MACHADO, 2005; LAL, 2005). O trabalho realizado por Gibbs *et al.*, (2014) aponta que os maiores teores de C no solo estão nos solos florestais na camada de 0 a 30 cm em áreas temperadas, o que é atribuído às temperaturas mais frias que reduzem a atividade microbiana e conseqüentemente a decomposição.

Cerca de 49% do carbono terrestre existente estão localizados em altas latitudes e 37% estão localizados em baixas latitudes (GIBBS, 2014). No entanto, dois terços do C terrestre estão estocados no solo (DIXON, 1994; SILVA e MENDONÇA, 2007; GIBBS, 2014). Os solos de florestas tropicais apresentam menores estoques de carbono em relação a outros ambientes mais frios, mas são relevantes devido as extensas áreas que ocupam (LAL, 2005; BRADY, 2013). Para Mello (2007), é possível afirmar que o solo retém, no primeiro metro de profundidade, duas a três vezes mais carbono que a vegetação e cerca de duas vezes o estoque encontrado na atmosfera. Essa retenção de carbono no solo é resultado do balanço dinâmico entre adição e perda do material vegetal morto. Por este motivo, o solo constitui um compartimento-chave no processo de redução da emissão de gases do efeito estufa, que causam o aquecimento global, pois é o que possui o maior estoque de carbono como já mencionado (IBGE, 2011). É importante frisar que a determinação da biomassa florestal é algo extremamente impreciso devido as variações de tamanho de diferentes partes da árvore como raízes, troncos, galhos e devido ao porte que cada espécie de árvore possui (HIGUCHI, 2004). Assim as estimativas de estoques de carbono da vegetação amazônica podem ter seus valores subestimados ou superestimados.

Segundo Janzen (2006), o tempo de ciclagem de carbono no ambiente da tundra é de 2.080 anos, por serem ambientes com baixas temperaturas e menor disponibilidade de água. Em contrapartida, a ciclagem do C em solos tropicais é de cerca de 16 anos. Assim, Silva e Mendonça (2007) acreditam que pelo fato da dinâmica do carbono ser rápida em ambientes tropicais, ela também será muito sensível a mudanças na cobertura vegetal, já que isto alteraria seu processo de ciclagem.

Estudos sobre estocagem de carbono das diferentes classes de solos se fazem necessários devido à sua relevância e importância para o meio ambiente (SILVA e MENDONÇA, 2007). No Brasil, estima-se que os estoques de C orgânico na camada de 0 a 30 cm de profundidade totalizem 36 milhões de toneladas, considerando-se todos os solos sob vegetação nativa (BERNOUX, 2002).

Em geral, o conteúdo de carbono orgânico total (COT) é mais elevado nas camadas superiores do solo, diminuindo com a profundidade (ANDRADE, 1990; LIMA *et al.*, 2006; QUESADA *et al.*, 2010). Este resultado foi observado nos solos do estado do Amazonas nos trabalhos realizados por Pereira (1987); Campos *et al.*, (2011); Campos *et al.*, (2012).

O número de trabalhos realizados com relação a distribuição espacial dos teores de MO no estado do Amazonas é reduzido e se tratando do horizonte superficial é menor ainda. Geralmente os trabalhos realizados no estado destacam uma topossequência ou catena de solos como os realizados por Andrade *et al.*, (1997) Campos *et al.*, (2011); Campos *et al.*, (2012). Outros estudos já fazem um recorte de alguma região do estado como os realizados por Lima (2005); Marques (2010); Xavier (2013). Apesar da contribuição destes trabalhos para a discussão dos teores de MO nos solos do estado Amazonas, nenhum deles dá ênfase a distribuição espacial.

Os trabalhos que foram produzidos destacando a distribuição espacial e dos teores de carbono do horizonte superficial em função da ordem de solo no estado foram realizados pela EMBRAPA (2007) e pelo IBGE (2011). No entanto, estes estudos se limitam a mencionar qual o teor de MO em cada ordem ou subordem do solo. Não discutindo a variabilidade nos teores de MO que pode ocorrer nas subordens e quais os motivos que levaram a esta variação, além da localização das áreas com maiores teores e a pressão antrópica que estes solos podem estar expostos.

3.1 Os benefícios da matéria orgânica para o solo

Existem vários benefícios da MO com relação a parte química, física e biológica do solo (LAL, 2005; SILVA e MENDONÇA, 2007; IBGE, 2011; BRADY, 2013). Na parte física do solo a MO melhora a retenção de água, sendo muito importante para solos arenosos. Em solos argilosos ela tem a função de reduzir a plasticidade, coesão e aderência. Além disso, participa da formação de agregados e na estabilidade dos mesmos, favorecendo a infiltração e reduzindo o escoamento superficial e as taxas de erosão (IBGE, 2011; BRADY, 2013).

Com relação a química do solo a MO é responsável por 50 a 90% da CTC do solo no horizonte superficial de solos minerais. Possui grande capacidade de reter nutrientes devido sua elevada superfície específica. Seu poder tampão garante ao solo menores variações de pH. A fertilidade dos solos em regiões tropicais úmidas, onde o intemperismo é acentuado e origina solos pobres em nutrientes, depende fortemente dos estoques de materiais orgânicos presentes nos mesmos (SILVA e MEDONÇA, 2007; IBGE, 2011; BRADY, 2013). Além de servir como reservatório de C orgânico, a MO também possui papel importante na complexação de nutrientes e elementos tóxicos (ALLOWAY, 2013).

A matéria orgânica também traz efeitos biológicos positivos ao solo, pois a fração detritica fornece alimento para organismos e a qualidade do resíduo vegetal afeta as taxas de decomposição por microrganismos (BRADY, 2013).

Os principais processos responsáveis pelo sequestro de carbono nos solos são a humificação, a agregação e a sedimentação, e os processos responsáveis pelas perdas são a erosão, a decomposição, a lixiviação e a volatilização (IBGE, 2011).

3.2 O uso da estatística descritiva e do SIG

Segundo Torezani (2004), a estatística é uma parte da matemática aplicada que fornece métodos para coleta, organização, descrição, análise e interpretação de dados e para a utilização dos mesmos na tomada de decisões. A estatística descritiva pode ser definida como um conjunto de técnicas destinadas a descrever e resumir dados, para que se possa tirar conclusões a respeito de características de interesse (TOREZANI, 2004). A estatística descritiva torna as coisas mais fáceis de entender, de relatar e discutir (TOREZANI, 2004). Assim, observar a formação de grupos mais homogêneos ou heterogêneos contribuem para a compreensão do fenômeno estudado.

Os SIG são sistemas automatizados usados para armazenar, analisar e manipular dados geográficos, ou seja, dados que representam objetos e fenômenos em que a localização geográfica é uma característica inerente a informação e indispensável para analisá-la (CÂMARA, 1996).

Entre as várias atribuições do SIG, destaca-se seu uso em otimização de tráfego, controle cadastral, gerenciamento de serviços de utilidade pública, demografia, cartografia, administração de recursos naturais, monitoramento costeiro, planejamento urbano, entre outros (CÂMARA, 1996). Com base nestas aplicações, espacializar os teores de matéria orgânica encontrados nos solos do estado do Amazonas, poderá servir como base e fonte de informações para que gestores do estado criem áreas prioritárias a proteção e conservação.

4. METODOLOGIA

Foram coletadas 67 amostras de solo na camada superficial (0 – 20 cm), por dois pesquisadores do Departamento de solos da Universidade Federal de Viçosa. As amostras foram coletadas em áreas minimamente antropizadas, seguindo os procedimentos indicados pela EMBRAPA (2011) e cedidas ao pesquisador deste estudo. Vale destacar que estudos com estas amostras ainda não foram publicados. Os materiais utilizados para coleta foram o trado, facão, baldes, enxadas, GPS para encontrar a localização de cada ponto de coleta, sacos plásticos, etiquetas de identificação e caneta. Cada unidade de amostragem é composta por uma massa igual de 10 amostras simples, coletadas em um ponto central, nos pontos cardeais (Norte, Sul, Leste, Oeste), pontos colaterais (Nordeste, Noroeste, Sudeste, Sudoeste) e uma em um ponto aleatório, todas distanciadas em 3m do ponto central. Com o intuito de melhor representar a variabilidade pedológica do estado, foram compiladas mais 656 amostras de outros trabalhos científicos realizados no estado do Amazonas (MARQUES, 2010; GUIMARÃES, 2013; XAVIER, 2013; RADAM Vol 8; RADAM Vol 9; RADAM Vol 10; RADAM Vol 11; RADAM Vol 12; RADAM Vol 13, RADAM Vol 14; RADAM Vol 15; RADAM Vol 16; RADAM Vol 17; RADAM Vol 18; RADAM Vol 20; SNLCS-EP n° 9; SNLCS-EP n° 14; SNLCS-EP n° 19; SNLCS-EP n° 20; SNLCS-EP n° 30; SNLCS-EP n° 31; SNLCS-EP n° 32). Segundo os respectivos autores dos estudos, as amostras foram coletadas na camada superficial do solo e em áreas minimamente antropizadas, totalizando 723 amostras (Figura 4).

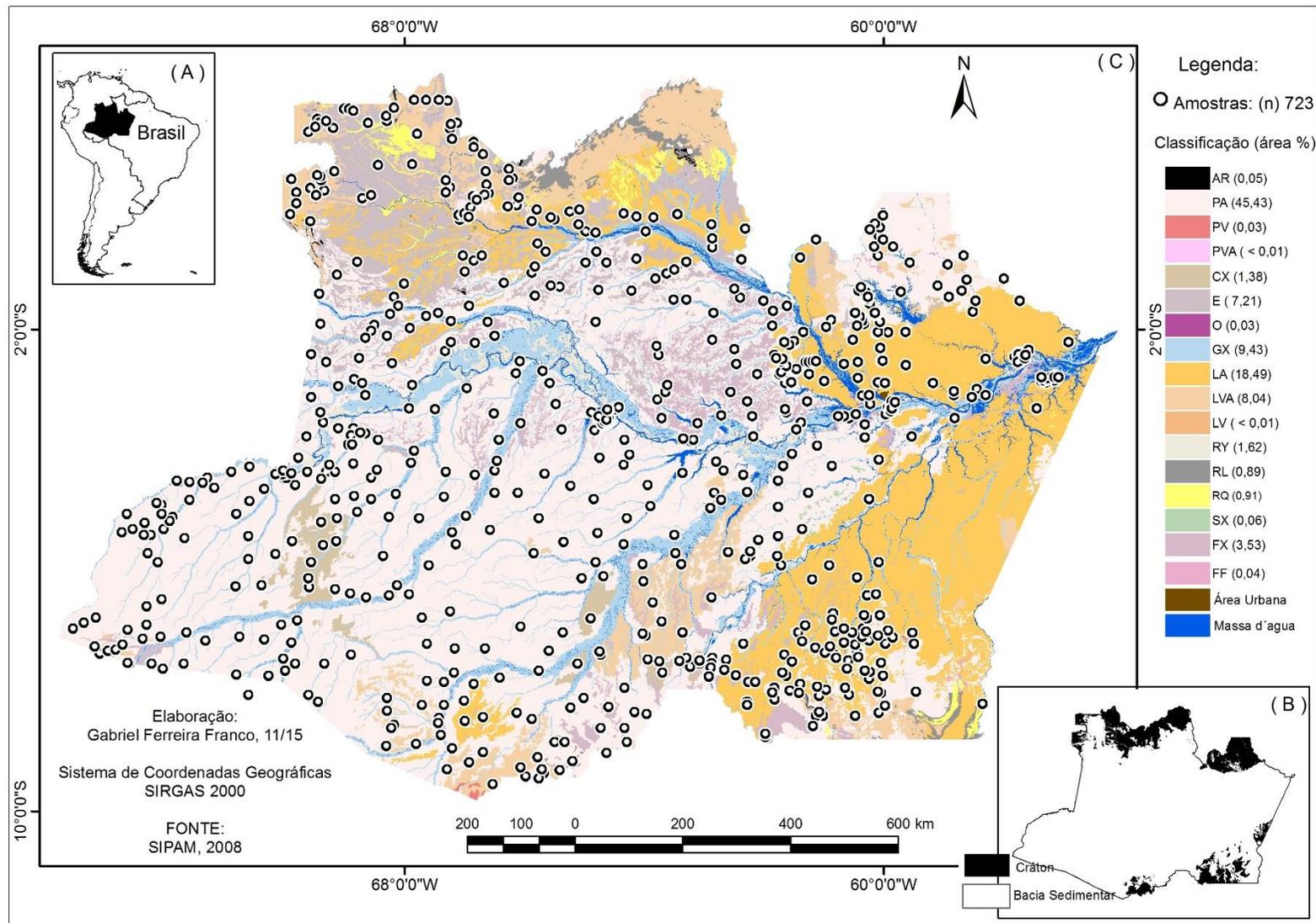


Figura 4- (A) localização da área de estudo na América do Sul. (B) Províncias Geológicas do estado do Amazonas. (C) amostras coletadas na área de estudo de acordo com a classificação de solos.

4.1 Análises químicas e físicas dos solos

As amostras foram secas à sombra, maceradas e tamisadas em peneira de 2mm de malha. As análises físicas e químicas das amostras foram realizadas conforme os métodos sugeridos pela EMBRAPA (2011), (Tabela 1).

Tabela 1- Propriedades físico-químicas determinadas nas amostras de solo.

Propriedades do Solo	Descrição	Referência
<i>Granulometria</i>		
Ap	Teor de Argila (Método da pipeta) dag kg ⁻¹	EMBRAPA, 2011
<i>Reações no solo</i>		
pH	pH em água	EMBRAPA, 2011
<i>Matéria Orgânica</i>		
MO	Matéria orgânica total (Método de Walkey Black) dag kg ⁻¹	EMBRAPA, 2011
<i>Complexo de Troca</i>		
T	CTC potencial (Acetato de NH ₄ pH 7) cmol _c dm ⁻³	EMBRAPA, 2011
SB	Soma de Bases [K ⁺ (Mehlich 1)] + [Ca ²⁺ Mg ²⁺ (KCl 1 mol L ⁻¹)] cmol _c dm ⁻³	EMBRAPA, 2011

4.2 Procedimentos estatísticos e análise da distribuição espacial dos teores de MO

Foram realizadas análises estatísticas descritivas com medidas de posição (média, mediana) e medidas de dispersão (desvio padrão, variância e coeficiente de variação) entre todas 723 amostras compiladas, assim como para cada ordem e subordem de solo. Foi calculado o coeficiente de correlação de *Pearson* entre os teores de MO e as outras propriedades do solo. Estas análises foram realizadas através do software *STATISTICA 8.0*. As amostras também foram submetidas ao teste F de Fischer para se verificar a significância entre variâncias e ao Teste t de *Student*, para analisar a significância dos teores médios de MO com nível de significância de 5%.

Foi realizada uma análise comparativa utilizando os mapas de vegetação e as isoietas de precipitação do estado com o intuito de observar algum padrão entre o teor de MO das amostras coletadas e estes fatores. Os mapas foram produzidos utilizando o software Arc Gis 10.1 onde foi possível manipular os dados e fazer as devidas comparações.

5. RESULTADOS

Em geral, os solos do estado são ácidos, de baixa fertilidade natural e com elevada CTC potencial (T), (Tabela 2). Os Latossolos apresentam os menores valores de pH e o maior teor mediano de argila (Ap). Os Gleissolos também apresentaram elevado teor de argila. Os Neossolos apresentaram o maior pH e menores teores de argila, junto com os Espodosolos, Cambissolos -C- e Planossolos -S-. Grande parte dos solos também são muito lixiviados, com baixos valores de soma de bases (SB), exceto os Gleissolos.

O teor mediano de MO e argila, apresentaram maior variação entre propriedades do solo. Os Neossolos apresentaram os menores teores de MO. Por sua vez L, P, S e E apresentaram os maiores teores de MO entre as ordens e os menores valores de coeficiente de variação, exceto os E. As ordens dos F e G apresentaram C.V elevados, e teor de MO intermediário.

Os maiores teores medianos de MO e menores valores de coeficiente de variação foram encontrados nas subordens dos LA, LV, PA e PVA. Os menores teores de MO foram observados nos RY e RQ. Em geral os maiores teores de MO estão relacionados aos maiores teores de argila. Porém esta correlação não é uma regra. Como exemplo, percebe-se que os E e S possuem elevados teores de MO e um baixo teor de argila. Demonstrando como os teores de argila são variáveis entre as ordens e subordens. A subordem dos GX, possuem o maior valor de C.V de MO, e juntamente com os RY possuem o maior soma de bases.

Com a análise comparativa feita a partir do mapa das formações vegetais e das isoietas de precipitação do estado do Amazonas, não foi observado um padrão destes fatores com o teor mediano de MO (Figura 5) e (Figura 6). Baseado nos teores medianos de MO encontrados nas 723 amostras foi observado que a distribuição espacial concentrou-se em 2 subordens, (LA) e (PA), e em duas ordens, (E) e (S), que juntas totalizam mais de 71% da área do estado do Amazonas.

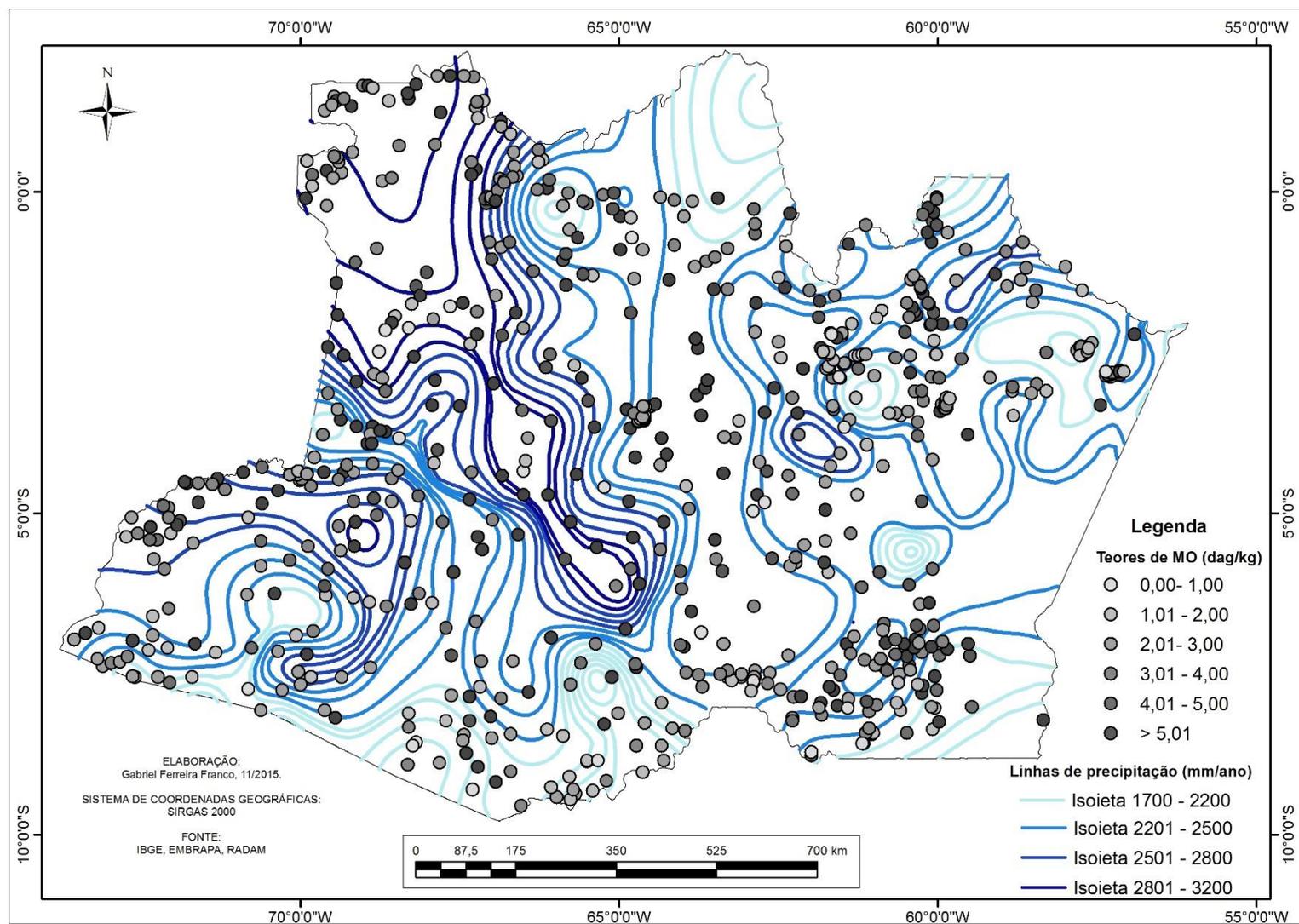


Figura 5- Linhas de precipitação e teor de MO dos pontos de coleta.

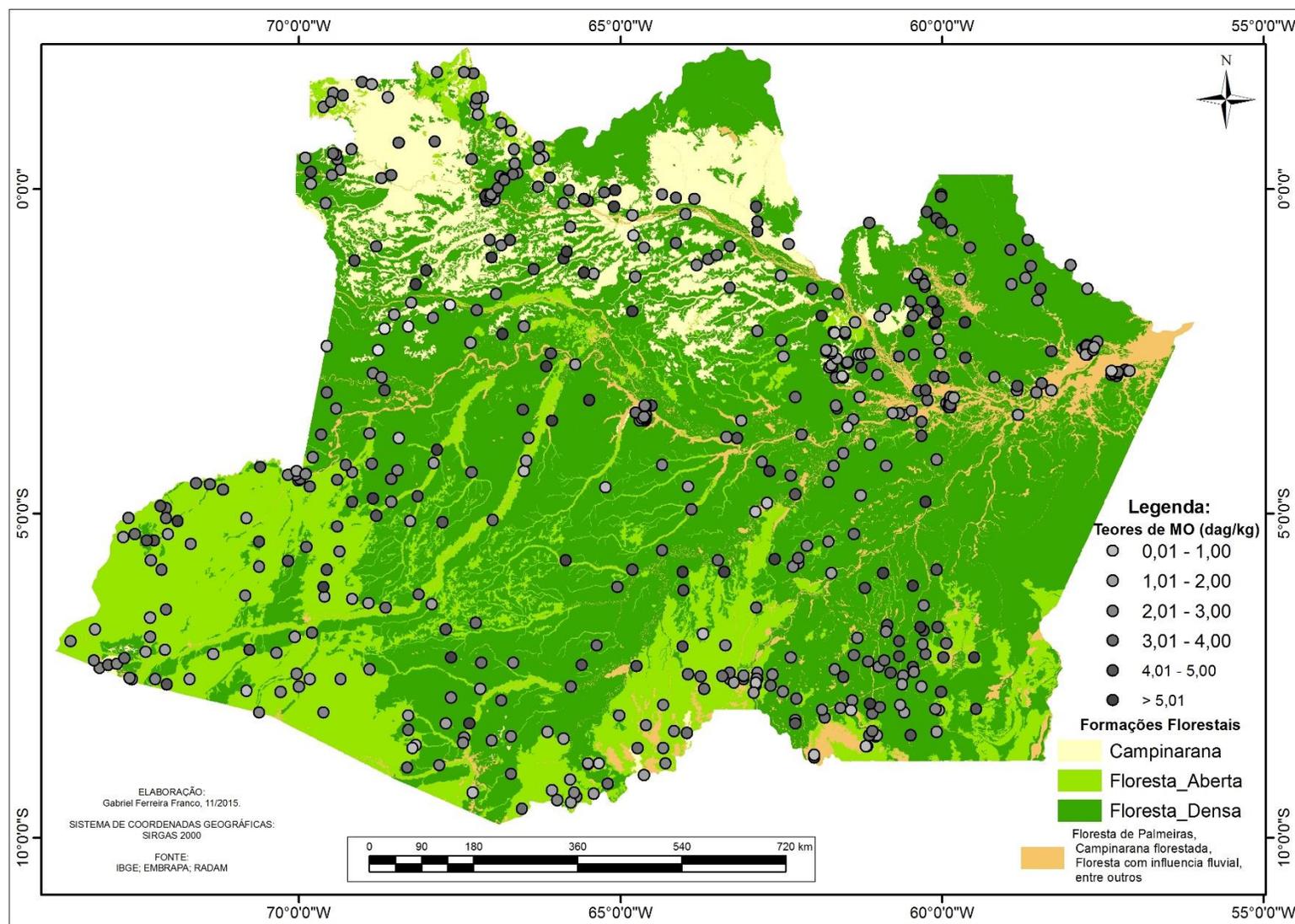


Figura 6- Formações Florestais e teor de MO dos pontos de coleta

Tabela 2- Estatística descritiva (média – mediana- coeficiente de variação) das propriedades das ordens e subordens de solos do estado do Amazonas e teores médios de carbono nos biomas do Brasil. *= n (número de perfis coletados) e C (teores médios de carbono em kg m⁻²) **= Ordens que não apresentaram diferença estatística significativa.

Classificação (n)	MO			pH	SB	T	Argila	Brasil ^A	Amazônia	Caatinga	Cerrado	M.Atlântica
	Média dag kg ⁻¹	Mediana dag kg ⁻¹	C.V (%)									
L (137)**	4,40	3,79	54	3,96	0,36	9,51	36	608-4,18	77- 4,13	47- 3,48	337-4,06	145-4,65
LA (68)	4,46	4,05	48	4,00	0,34	9,47	38					
LV (5)	4,80	4,08	33	4,06	0,35	12,32	34					
LVA (64)	4,29	3,25	62	3,92	0,41	10,08	29					
P (352)**	4,49	3,56	67	3,90	0,58	10,12	22	383-3,7	121- 4,21	72- 2,78	47- 4,29	139- 3,80
PA (337)	4,53	3,62	67	3,90	0,58	10,11	22					
PVA (6)	4,03	3,20	55	4,24	0,32	7,50	46					
PV (10)	3,14	2,75	46	4,00	0,80	15,12	34					
G (55)**	4,53	3,01	106	4,40	7,20	19,58	38	75- 6,60	21- 5,56	6- 4,63	22- 6,74	26- 7,77
GX (54)	4,57	3,14	106	4,35	7,15	19,95	37					
GM (1)	2,43	2,43	---	4,97	10,26	18,16	55					
R (63)	2,71	2,07	75	4,40	0,75	8,68	8					
RQ (32)	3,05	2,56	71	4,00	0,32	6,01	6	46- 3,03	11- 4,04	5- 4,48	20- 2,65	10- 1,94
RY (31)	2,35	1,92	79	5,00	5,57	10,93	14	76- 3,65	7- 2,31	14- 3,58	24- 3,51	31- 4,10
F (53)	4,77	3,14	86	4,10	0,44	9,80	19	64- 3,67	55- 3,75	1-3,46	8- 3,12	-----
FX (52)	4,8	3,01	87	4,05	0,46	10,43	19					
FF (1)	3,45	3,45	---	4,40	0,19	8,09	40					
E (27)	5,58	3,50	107	4,20	0,38	5,02	3	6- 4,12	1-10,47	-----	-----	4- 2,02
C (29)	4,22	3,28	90	3,90	0,78	10,00	20					
S (8)	5,34	4,14	79	4,05	0,44	5,90	10					
Total (723)	4,39	3,42	76	4,0	0,55	10,1	23					

Legenda: Latossolos (L); Latossolos Amarelos (LA); Latossolos Vermelhos (LV); Latossolos Vermelho Amarelos (LVA); Argissolos (P); Argissolos Amarelos (PA); Argissolos Vermelhos (PV); Argissolos Vermelho Amarelos (PVA); Gleissolos (G); Gleissolos Háplicos (GX); Gleissolos Melânicos (GM); Neossolos (R); Neossolos Quartzarênicos (RQ); Neossolos Flúvicos (RY); Plintossolos (F); Plintossolos Háplicos (FX); Plintossolos Pétricos (FF); Espodossolos (E); Cambissolos (C); Planossolos (S). A:EMBRAPA,2007.

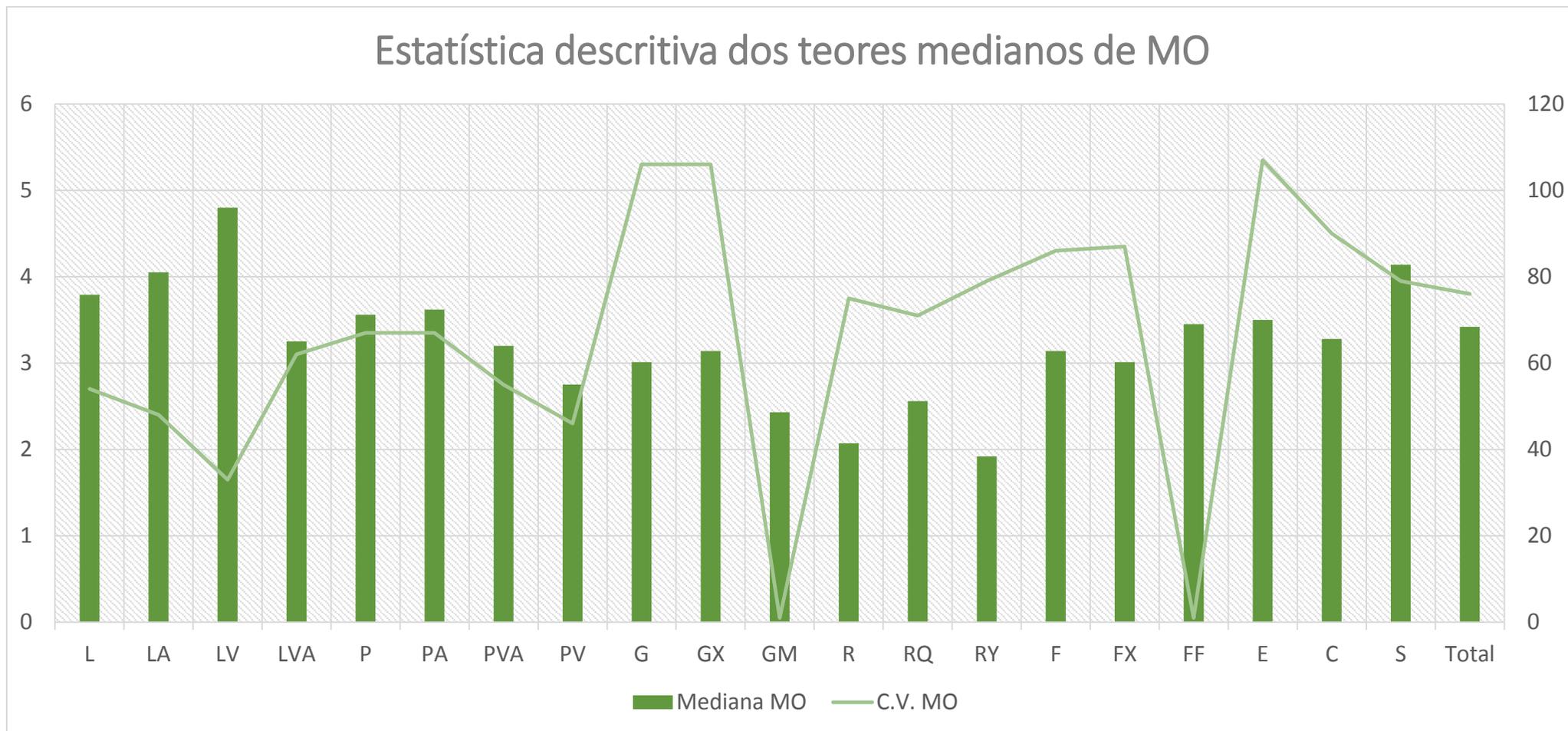


Gráfico 1: Gráfico da estatística descritiva dos teores medianos de matéria orgânica.

5.1 Estatística descritiva das subordens de Neossolos e Gleissolos divididas por Bacia Hidrográfica

O regime de cheias dos rios do estado do Amazonas é um fenômeno que ocorre anualmente, inundando boa parte da planície fluvial. Devido a elevada carga de sedimentos de origens distintas, que pode refletir em diferentes características aos solos de várzea, se fez necessário uma análise das amostras divididas por bacias hidrográficas.

Os solos são menos ácidos do que os solos de terra firme, possuem elevada CTC potencial, e um teor mediano de soma de bases (Tabela 3). Exceto a subordem dos Neossolos Quartzarênicos que apresentam baixo valor de soma de bases.

Tabela 3- Estatística descritiva (média- mediana- coeficiente de variação) das propriedades das ordens e subordens dos Gleissolos e Neossolos divididos por Bacia Hidrográfica.

Bacia. Hidrográfica Subordem (n)	Média dag/kg ⁻¹	MO Mediana dag/kg ⁻¹	C.V (%)	pH Mediano	SB Mediana cmol _c dm ⁻³	T Mediana cmol _c dm ⁻³	Argila Mediana (%)
Bacia do Rio Madeira							
RY (2)	4,23	4,23	77	5,15	3,93	5,63	4
GX (7)	2,87	2,43	47	4,41	2,56	10,00	29
RQ (7)	3,13	2,65	89	3,90	0,29	5,81	6
Bacia Hidrográfica do Rio Amazonas (Baixo Amazonas)							
RY (12)	1,23	1,22	34	5,20	7,92	12,45	16
GX (19)	3,15	2,76	48	4,65	12,08	23,77	42
RQ (6)	1,89	1,95	53	4,05	0,20	2,69	5
GM (1)	2,43	2,43	----	4,97	10,26	18,16	55
Bacia Hidrográfica do Rio Amazonas (Médio Amazonas)							
RY (8)	3,30	2,62	83	4,90	5,08	8,98	10
GX (10)	4,86	2,50	93	4,35	19,00	30,05	42
RQ (1)	1,22	1,22	----	3,90	0,13	4,25	8
Bacia Hidrográfica do Rio Amazonas (Alto Amazonas)							
RY (7)	2,49	2,43	36	5,50	5,65	13,03	17
GX (14)	6,19	3,95	119	3,90	3,84	23,19	33
RQ (3)	1,38	1,93	87	4,00	0,55	6,93	6
Bacia do Rio Negro							
RY (2)	2,85	2,85	61	4,30	0,57	3,12	8
GX (5)	7,17	5,29	94	4,00	0,75	13,76	27
RQ (6)	4,60	3,57	58	4,35	0,80	5,12	5

As amostras das Bacias do Baixo e Médio Amazonas possuem os maiores valores de soma de bases para RY e GX. Os maiores valores de pH são observados nos RY e os menores nos RQ em boa parte das bacias analisadas. Os valores medianos de pH entre RY são semelhantes entre bacias diferentes, exceto na Bacia do Rio Negro. Os valores medianos de pH entre amostras GX é semelhante entre todas as bacias.

Os maiores teores medianos de MO são observados na Bacia do Rio Negro para as subordens dos GX e RY. Nas outras bacias os GX apresentaram os maiores teores de MO, exceto na bacia do Rio Madeira, onde os RY possuem os maiores teores. Os valores do coeficiente de variação da MO variam muito de uma bacia para outra, onde os Gleissolos Háplicos se destacam com os maiores valores. É importante frisar que nenhum valor mediano de MO dos Gleissolos Háplicos foi semelhante ao calculado para todas amostras, refletindo heterogeneidade.

5.2 Matriz de Correlação

A análise realizada para as 723 amostras constatou que existe uma correlação fraca entre os teores de MO e o teor de argila. Na maioria das subordens a MO se correlacionou moderadamente com T e pH (Figura 7). As maiores correlações são observadas nos PVA e LV.

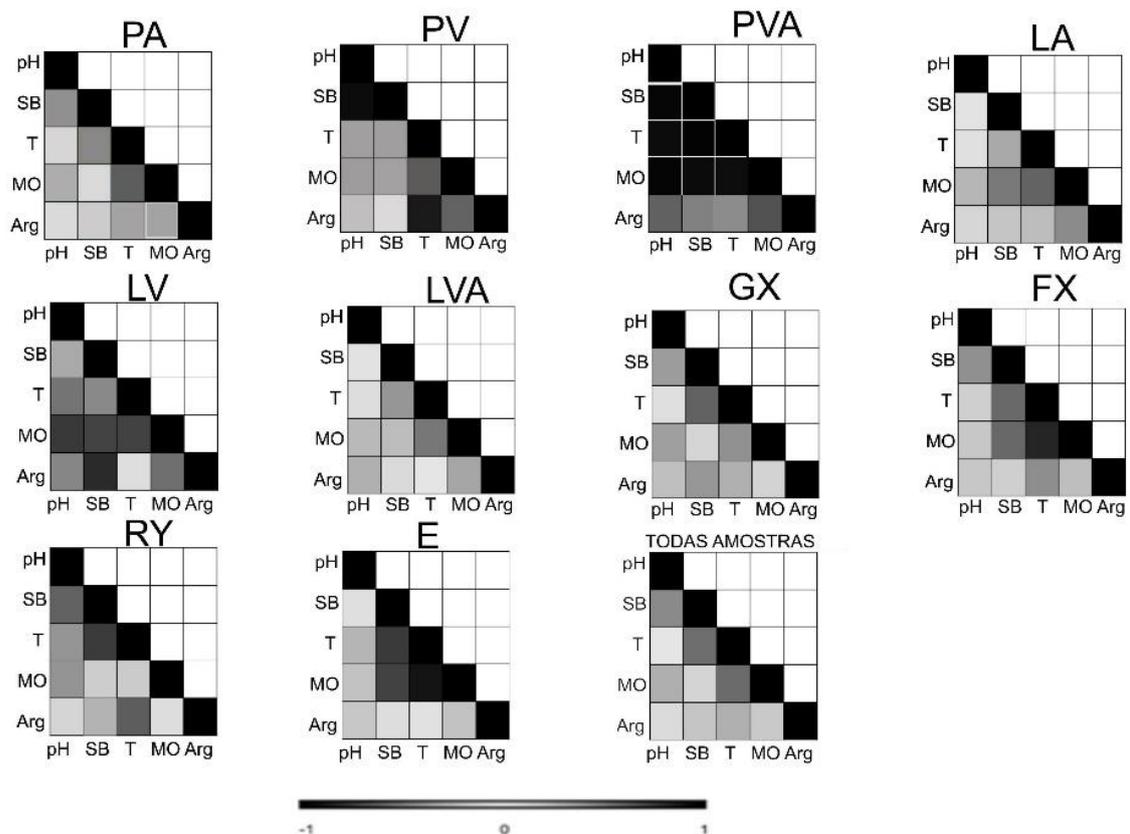


Figura 7- Correlação entre as propriedades do solo das subordens mais representativas geograficamente.

Os solos em áreas de terras firme como L e P apresentaram comportamento semelhantes, possuindo as correlações mais altas. Destaca-se que PA, LA, PVA e LV

apresentaram correlação moderada ou alta entre MO e Argila, SB e T. No geral os solos de várzea apresentaram correlação baixa entre MO e as demais variáveis, principalmente os GX e RY que possuem comportamentos parecidos. Foi observada uma correlação baixa entre MO e Argila dos E e FX. As subordens dos RY, GX, FX apresentaram uma correlação que varia de baixa a moderada entre T e SB e Argila.

6. DISCUSSÃO

A análise química realizada para ordens e subordens constatou que boa parte dos solos são ácidos, de baixa fertilidade natural e com baixa soma de bases. Isto é atribuído ao seu elevado grau de intemperismo e lixiviação. Estes dados são corroborados com os trabalhos de Andrade *et al.*, 1997; Lima, 2001; Lima *et al.*, 2005; Xavier, 2013. Estes autores ainda observaram teores mais elevados de MO em LA e valores de pH mais elevados em RY assim como neste trabalho. Pereira (1987) e Demattê *et al.*, (1993) também observam valores mais elevados de MO em Latossolos Amarelos no estado do Amazonas.

Os solos que apresentaram maior soma de bases e são menos intemperizados foram os G e RY, fato que pode ser atribuído ao ambiente redutor onde são encontrados, a sedimentação mais recente que estes sofrem e a seu material de origem (XAVIER, 2013; GUIMARÃES *et al.*, 2013).

Um exemplo da influência do material de origem pode ser observado nos GX e RY encontrados na Bacia do Rio Amazonas (Médio Amazonas), que possuem os maiores valores de soma de bases encontrados nas amostras da pesquisa. Este valor é atribuído a deposição do material de origem andina, que possui menor grau de intemperismo como menciona Guimarães *et al.*, (2013). É importante frisar que o material de origem pode influenciar nas características de qualquer ordem de solo.

As amostras de R e G encontradas nos solos na Bacia do Rio Negro possuem elevados teores de matéria orgânica. Este fator contribui para a cor escura das águas desta região devido à forte dissolução de substâncias húmicas que provem da MO em decomposição (BRINGEL, 2012). Destaca-se que estes solos não são muito férteis e estas águas são pouco piscosas (AB' SABER, 2003). A grande presença de solos arenosos como Espodossolos às margens do Rio Negro, também contribui com a cor escura da água (VOLKOFF *et al.*, 1998).

Alguns estudos realizados sobre G e F apresentaram resultados diferentes aos encontrados neste estudo, com relação aos teores de MO destas ordens. Para Moraes *et al.*, (1996) e Marques *et al.*, (2002) os teores de carbono orgânico total (COT) presentes nos Gleissolos ou em solos de várzea estudados em suas pesquisas, são relativamente baixos devido ao baixo conteúdo médio de COT dos sedimentos frescos depositados periodicamente na várzea. No caso dos Plintossolos seja consequência de uma menor produtividade primária.

Das propriedades do solo trabalhadas na pesquisa, as que apresentaram maior variação foram os teores de MO e os teores de argila, tanto em nível de ordem quanto de subordem. As ordens dos E e S, apresentaram teores altos de MO e um valor de C.V de médio a alto. Já as

subordens dos LA, LV, PA e PVA apresentaram maiores teores medianos de MO, e os menores valores de C.V das amostras do estudo. Entretanto, vale ressaltar que os valores do C.V destas subordens ainda são altos por ultrapassarem 30%, demonstrando heterogeneidade nas amostras. Esta variação pode ser atribuída a diversidade do material de origem, que influencia na textura, e conseqüentemente na preservação de M.O. Segundo Demattê *et al.*, (1993); Silva e Ribeiro (2007), solos com textura mais argilosa geralmente apresentam maior teor de Carbono (C). Essa influência está ligada à capacidade da MO em formar diferentes tipos de ligações com partículas com elevada superfície específica, tal como a fração argila, protegendo o C do solo. Assim, a textura do solo, neste caso o teor de argila, exerce um grande controle sobre o ciclo do carbono deixando-o mais lento, influenciando o armazenamento e a dinâmica de carbono em solos de florestas tropicais contribuindo para seu acúmulo (TELLES, 2003; BRADY, 2013).

É importante frisar que a correlação entre MO e argila não ocorre sempre, tendo em vista que os E e S apresentaram valores elevados de MO e teores baixos de argila, e os G apresentaram correlação baixa e pouco significativa, entre estas variáveis. Desta maneira, o teor elevado de MO nestes solos é atribuído a outros mecanismos de acumulação, como por exemplo o seu processo pedogenético e posição no relevo.

Os teores de MO observados nos E estão relacionados à sua localização em áreas deprimidas, com lençol freático próximo à superfície, contribuindo para o acúmulo de matéria orgânica no solo (CPRM, 2010). Este processo inicia a formação do horizonte diagnóstico subsuperficial B espódico (Bh), que apresenta acumulação de material orgânico (EMBRAPA, 2006). Os G e F devido ao ambiente com características redutoras que foram ou estão localizados, também acumulam matéria orgânica. No caso dos Gleissolos a maioria das ocorrências no Amazonas apresenta encharcamento durante longos períodos do ano, o que resulta em condições anaeróbicas e conseqüente redução do íon férrico para o íon ferroso, no processo denominado gleização (EMBRAPA, 2006). Estão localizados próximos a cursos d'água e em matérias colúvio-aluviais sujeitos à condições de hidromorfia, em áreas abaciadas ou depressões (CPRM, 2010). Os Plintossolos também são encontrados em áreas deprimidas, planícies aluvionais e terços inferiores de encostas, situações que implicam em uma reduzida drenagem (CPRM, 2010).

O maior teor de MO em Latossolos se comparados aos Argissolos também pode ser explicado pelo processo pedogenético, principalmente se considerado o horizonte superficial. Os Argissolos apresentam elevado gradiente textural devido a formação do horizonte diagnóstico B textural (Bt), conferindo uma acentuada diferenciação na classe de textura entre

os horizontes A e B, sendo os horizontes superficiais mais arenosos que os horizontes subsuperficiais (EMBRAPA, 2006). Este processo pedogenético contribui para o menor acúmulo de MO no horizonte superficial devido à presença de textura arenosa. Por outro lado, os Latossolos possuem o horizonte B latossólico (Bw), caracterizado por ser um horizonte mineral muito intemperizado, com presença de caulinita e óxidos na fração argila, o que lhes confere maiores teores de MO no horizonte superficial. Dessa maneira, o horizonte superficial dos Latossolos apresenta maior acúmulo de MO se comparados aos Argissolos, devido a proteção que a MO recebe dos óxidos (EMBRAPA, 2006).

6.1 Estoques de carbono nos solos do mundo e nos biomas do Brasil

Segundo Lal (2004), os P e R devido as extensas áreas que ocupam, juntamente com os L e principalmente E devido a quantidade de carbono estocada, estão entre as ordens de solos que mais estocam carbono no mundo. Um estudo realizado pela EMBRAPA (2007) mostra que os maiores teores de C da camada de 0 a 30 cm de solos encontrados no território brasileiro, estão relacionados a ordem dos G com 6,60 kg m², RL com 5,62 kg m², L com 4,18 kg m² e E com 4,12 kg m². Onde a primeira e as duas últimas ordens, apresentam grande abrangência no território do estado do Amazonas. Este mesmo trabalho realizado pela EMBRAPA (2007) também faz uma análise do estoque de carbono em função dos tipos de biomas que os solos estão localizados. Observa-se que no domínio amazônico os maiores teores estão relacionados a E, seguidos por G, RL, L, surgindo os P, devido a sua abrangência no território amazônico e no estado do Amazonas. Os elevados teores de MO encontrados na subordem dos RQ no estudo da EMBRAPA, não foram observados nas amostras da presente pesquisa.

Para a EMBRAPA (2007), os biomas da Mata Atlântica, da Amazônia e do Cerrado possuem os maiores teores de MO, apresentando variações dos teores em função da ordem ou subordem de solo. O bioma amazônico aparece com os maiores teores de carbono nos E, e o segundo maior teor de carbono em P e L. Estes elevados teores aliados a extensão do bioma deixam claro a importância desta área para conservação dos estoques de carbono no solo. A acumulação de MO nestes biomas está vinculada à velocidade de fornecimento dos restos vegetais e à sua decomposição. Nas florestas das regiões quentes e úmidas (Amazônia e Mata Atlântica), o aporte de MO é rápido e abundante, mas a velocidade de decomposição é igualmente elevada, de modo que resta menos húmus na superfície do solo (PUIG, 2008; BRADY, 2013). Já o Cerrado, possui menor aporte de biomassa e menores índices pluviométricos, fazendo com que o processo ciclagem não seja tão rápido, permitindo maior

acúmulo (IBGE, 2015a). Ademais, grande parte do aporte de biomassa do Cerrado vem de seu sistema radicular abundante e profundo que já está incorporado ao solo, deixando a MO mais estável. Por outro lado, os solos de florestas úmidas, recebem grande parte de sua biomassa de galhos, folhas e da serapilheira e não do sistema radicular, que neste caso é mais raso e menos abundante (DEMATTE *et al.*, 1993).

O trabalho desenvolvido por Duarte (2007) contribui para o entendimento dos solos encontrados no bioma do Pantanal. Segundo a autora, os solos com maior presença neste ambiente são os G, E, R e S. A presença destas ordens de solo indica um ambiente redutor sob forte influência do lençol freático e dos rios, possuindo potencial para o acúmulo de MO.

Refinando os dados sobre os estoques de carbono nos solos, o trabalho realizado pelo IBGE (2011), possui resultados que corroboram com os desta pesquisa. Neste estudo foram apresentados os teores médios de carbono (t/ha) no horizonte superficial dos solos do estado do Amazonas. Assim, os solos com os maiores teores são os E 98,9 t/ha, LA com 63,2 t/ha, PA com 55,1 t/ha, LVA com 54,9 t/ha e GX 48, 8 t/ha, considerando os solos com maior abrangência em área no Estado.

O mapa criado pelo IBGE (2011) (figura 8) espacializa os teores de C encontrados no horizonte superficial dos solos do bioma amazônico e vai ao encontro dos resultados encontrados com a análise das amostras do presente estudo (figura 9).

Outro ponto a ser ressaltado é a ausência de um padrão espacial de variação do teor de MO conforme a precipitação ou as formações florestais que foi observado na figura (5) e figura (6). Isto sugere que fatores locais são determinantes para o conteúdo orgânico no domínio Amazônico

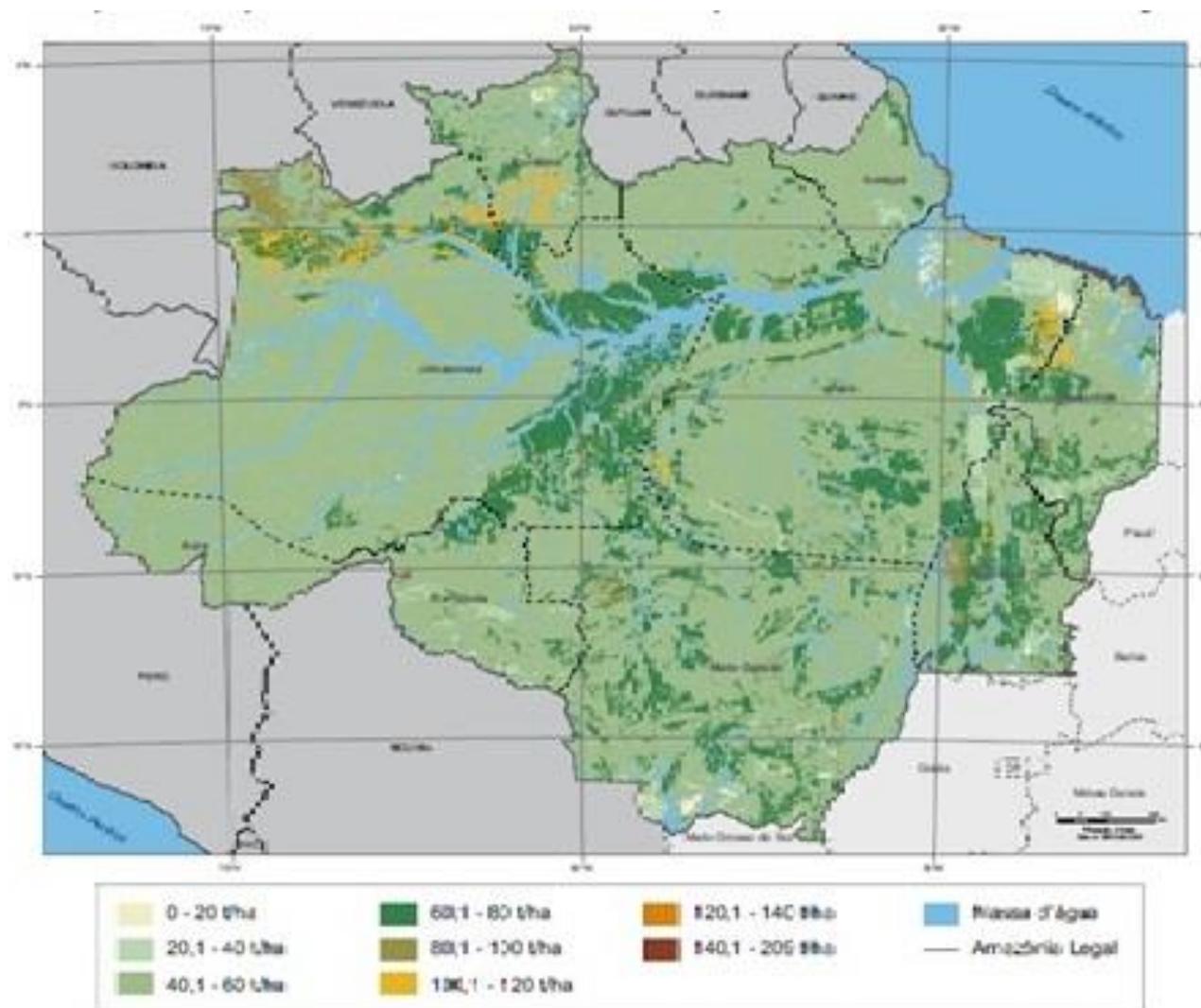


Figura 8- Teor de carbono no horizonte superficial dos solos do bioma Amazônico. Fonte: (IBGE, 2011).

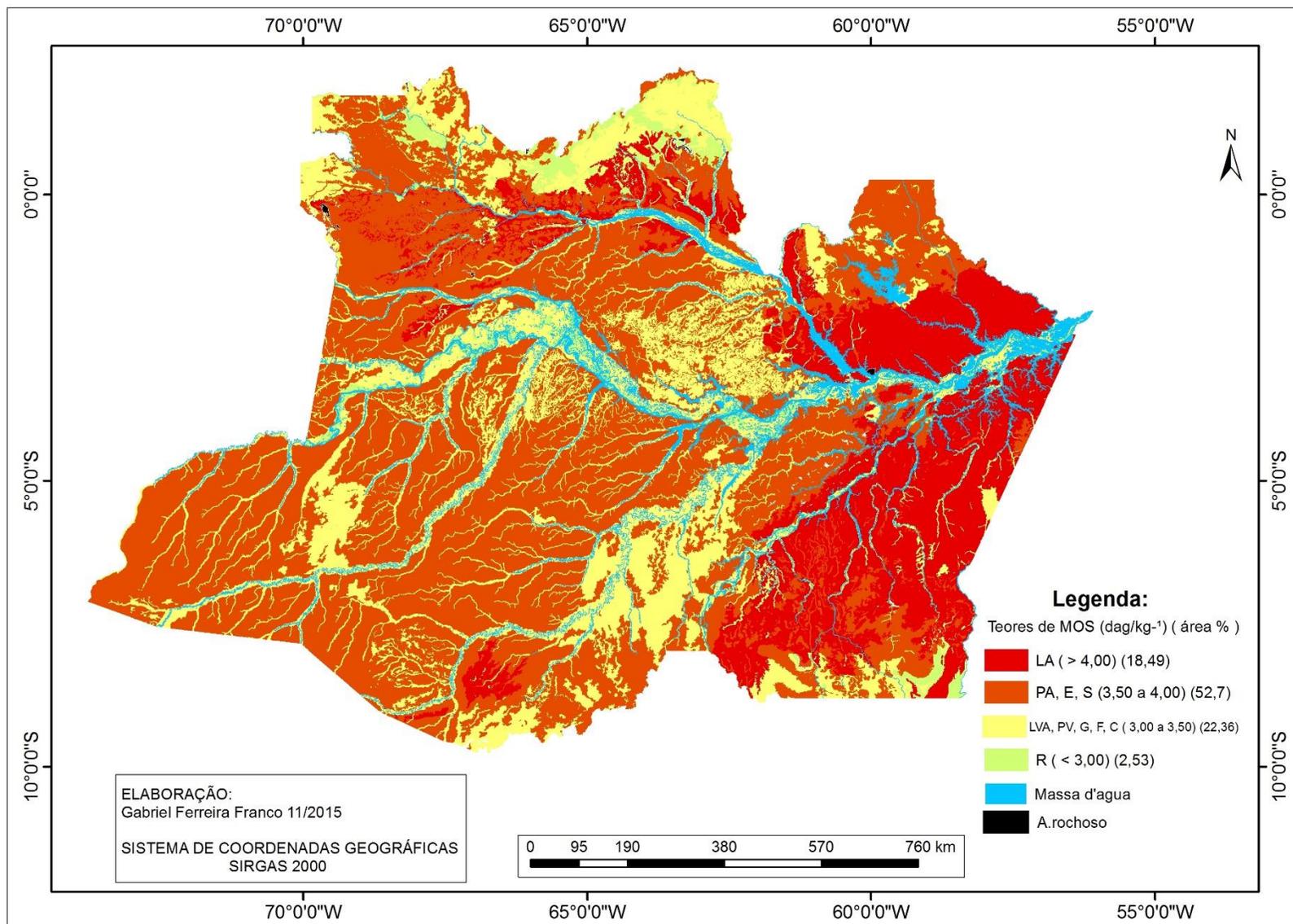


Figura 9- Distribuição espacial dos teores medianos de matéria orgânica no estado do Amazonas.

6.2 Intervenções antrópicas no bioma Amazônico e conservação de carbono no solo

A Amazônia era um território pouco conhecido até o início do século XX, porém devido ao ciclo da borracha, esta região começou a ganhar mais destaque e começou a ser ocupada. Ab' Saber (2003) destaca que no ciclo da borracha aconteceu uma ocupação desordenada das bordas da Amazônia oriental e meridional. O estilo de ocupação se deu a partir da supressão das florestas de terra firme, para implantação de agropecuária.

A falta de conhecimento desta região engendrou uma ocupação desorganizada e sem planejamento do território. A desorganização da ocupação pôde ser percebida na cidade de Manaus na década 60 e 70, onde ocorreu a ocupação das áreas próximas aos igarapés e as várzeas, ocasionando poluição e perda de biodiversidade destes ambientes (NOGUEIRA *et al.*, 2007). Na Amazônia Central, também ocorreu a ocupação da várzea, com derrubada da floresta para venda de madeira e utilização dos solos para agricultura ou pecuária devido a maior fertilidade destes solos (CLARO JR *et al.*, 2004). A Amazônia era apresentada ao mundo com uma região uniforme e monótona. Que poderia ser facilmente ocupada por meio de planejamentos a distância vinculados a um falso conceito de desenvolvimento (AB' SABER, 2003).

Dessa maneira, baseado no conceito de “desenvolvimento”, a ocupação da região amazônica se tornou prioridade após o golpe militar de 1964. Fundamentado na doutrina de segurança nacional, o objetivo básico do governo militar torna-se a implantação de um projeto de modernização nacional, fazendo com que a Amazônia assumira uma posição chave frente às prioridades econômicas (BECKER, 1991).

A integração desta região ocorre primeiramente com o crescimento de uma rede rodoviária com a criação da Transamazônica e Perimetral. Posteriormente, a implantação de uma rede de telecomunicações, além da expansão da rede urbana, com estabelecimento de instituições estatais e privadas. E, finalmente, a criação de hidroelétricas (BECKER, 1991). Aliado a expansão do aparato urbano, a exploração de ouro de aluvião nas margens do Rio Madeira e nos Rios Mutum Paraná e Jaciparana, próximo à fronteira entre Brasil e Bolívia, serviram como atrativo para a chegada da população ao estado. Com isto, a extração de ouro por métodos artesanais com o uso de mercúrio (Hg), contribui para a contaminação do solo e das águas desta região, como destacam Bourgon *et al.*, (1997); Linhares *et al.*, (2009).

A extração de ouro e a ocupação de áreas de várzea, onde predominam os Gleissolos merecem destaque devido aos problemas que esta ocupação e uso podem acarretar. A remoção da mata de várzea para implantação da agricultura e possível drenagem destes solos, acaba por

reduzir os teores de MO devido ao aumento da respiração do solo (BRADY, 2013). A matéria orgânica por sua vez atua como um agente importante para complexação de metais pesados como mercúrio (ALLOWAY, 2013). Assim, a redução da matéria orgânica no solo, acaba por diminuir a complexação deste metal, muito utilizado na extração artesanal do ouro de aluvião. Dessa maneira, existindo a possibilidade deste metal ficar disponível no ambiente e entrar na cadeia trófica de animais e humanos.

Ainda com o intuito de estimular a ocupação da região Amazônica, uma série de “incentivos fiscais” foram implementados pelos governantes entre as décadas de 60, 70 e 80. Os incentivos foram da criação do FIDAM (Fundo para Investimentos Privados do Desenvolvimento da Amazônia) até a redução de impostos como IPI (Imposto sobre produtos industrializados) ou o ICM (Imposto de circulação de mercadorias) (OLIVEIRA, 1988). Contribuindo para a chegada de grandes fazendeiros e grandes empresas que poderiam desmatar grandes áreas em um curto período de tempo, e excluindo os pequenos e médios proprietários de terra, que não teriam capital para investir na criação de gado e derrubar a floresta (BECKER, 1991). Estes processos históricos contribuíram para o cenário atual. Como resultado do desmatamento que ocorre desde a década de 60, se formou conhecido “arco do desmatamento”.

Os estados da Amazônia Legal que possuem os maiores índices de desmatamento bruto anual são aqueles do sul (Rondônia e Mato Grosso) e do leste (Pará, Maranhão e Tocantins) (IBGE, 2012; IBGE, 2015a; IBGE, 2015b). No estado do Mato Grosso, os “hotspots” do desmatamento concentram-se principalmente ao longo das rodovias Cuiabá-Santarém e BR-158, nas regiões central, norte e nordeste, respectivamente. Já no estado do Pará, o desmatamento concentra-se na região sul (ALENCAR *et al.*, 2004). Vale ressaltar que o desmatamento bruto anual vem caindo nos últimos anos na região, porém o desmatamento bruto acumulado do período de 1991 a 2013 ainda continua crescendo em todos os estados (IBGE, 2012; IBGE, 2015b). Ainda existe um grande problema com relação as áreas de preservação permanente (APP) e as reservas legais (RL), pois hoje no Brasil, somando-se as áreas de APP e RL que necessitam ser recuperadas segundo a atual legislação, existe um passivo de aproximadamente 21 milhões de hectares (Mha). Sendo 8 Mha deste passivo, encontrados nas bordas da Amazônia (MMA, 2015). A maior parte das áreas que foram desmatadas no bioma amazônico estava localizada sobre solos com grande potencial para estocagem de carbono como Latossolos e Argissolos (DALMOLIN *et al.*, 2010; IBGE, 2015a).

Dentre os estados que compõem esta região Amazônica, os estados do Amapá e do Amazonas são os que possuem os menores índices de desmatamento dentro de seus domínios

(IBGE, 2015b). Isto é considerado um ponto positivo, tendo em vista a contribuição relevante dos solos do estado do Amazonas com relação ao estoque de carbono no solo e a extensão do território coberta por vegetação nativa.

Entretanto, uma nota emitida pela Embrapa (2004) destaca que a Amazônia Ocidental possui 8 milhões de hectares ocupados por pastagens. Onde 40% desta área já apresenta algum estágio de degradação, podendo impulsionar novos desmatamentos para que o rebanho da região continue crescendo. Com isto, a emissão de carbono é potencializada devido ao manejo inadequado das pastagens (FEARNSIDE e BARBOSA, 2008).

Outro documento lançado pelo instituto IMAZON, em janeiro de 2014, destaca que houve um aumento do desmatamento na região amazônica, com relação aos anos anteriores. Foi constatado que na região leste do estado do Amazonas, houve um foco de desmatamento no ano de 2013, que não ocorria em anos anteriores. Ocorrendo justamente na área onde estão localizados os Latossolos Amarelos que possuem os maiores teores de MO do estado. Este mesmo documento informa que o desmatamento vêm aumentando em terras públicas não destinadas ou sem informação fundiária, já que cerca de 37 % do desmatamento ocorrem nestas áreas. A questão se torna mais complexa quando se observa que novamente a maioria destas terras públicas está sobre a mancha de Latossolos Amarelos do estado do Amazonas, localizadas na porção leste. Outro ponto a ser considerado são as estimativas do uso da terra do Amazonas, onde já existe o estabelecimento de pequenas lavouras permanentes ou temporárias e algumas áreas com ocupação entre 10% a 50% por agropecuária, principalmente na porção leste (IGBE, 2015a).

A preocupação com o desmatamento vem crescendo a cada ano, sabendo que a mudança ou a remoção da cobertura vegetal, influencia muito o ecossistema de floresta tropical, pois grande parte da produção de CO₂ é proveniente dos fluxos na interface solo-atmosfera e podem ser alterados devido à mudanças nas características físicas, químicas e biológicas na superfície do solo (NOBRE *et al.*, 2002; DIAS, 2006; DIAS, 2010). Assim, mudanças do uso do solo podem acarretar a diminuição dos estoques de carbono no solo desta região. Além da redução da diversidade de fauna e flora natural do bioma.

Outro ponto que também contribui para o avanço do desmatamento são as políticas de desenvolvimento na região, que ainda ocorrem como há 40 anos atrás, com a expansão de rodovias, por exemplo. A expansão da malha rodoviária acaba por aumentar a especulação das terras localizadas às margens das vias de transporte, conseqüentemente aumentando o desmatamento (ALENCAR *et al.*, 2004). Assim, seria necessária uma revisão por parte do

governo dos impactos que estes incentivos vêm trazendo para o bioma amazônico, e desta maneira encontrar a solução equilibrada para que a região se desenvolva e os danos ao meio ambiente sejam reduzidos. Uma possível proposta seria a criação de estradas em reservas de desenvolvimento sustentável. Tendo em vista que a população vive do extrativismo vegetal do *látex* de seringueiras e da coleta de castanhas por exemplo, a supressão da mata seria evitada devido a necessidade da manutenção da floresta “em pé”, para que o comércio local seja mantido.

Para reduzir e controlar os índices de desmatamento na região amazônica algumas medidas vêm sendo tomadas. Em 2004 o governo brasileiro criou um grupo interministerial a fim de combater o desmatamento e apontar soluções de como minimizar seus efeitos na Amazônia legal (MMA, 2004). Como reflexo desta ação, pode ser notado a redução do desmatamento nos anos seguintes, como já abordado anteriormente.

Em um documento lançado pela CECLIMA/SDS em 2010, o estado do Amazonas recebe destaque pelas baixas taxas de desmatamento observadas ao longo dos anos. Isto se deve, principalmente, ao modelo econômico adotado baseado na Zona Franca de Manaus e à pequena quantidade de rodovias, tanto oficiais quanto clandestinas, em áreas do estado, o que dificulta o acesso e, conseqüentemente, a abertura de novas áreas.

Outro dado importante com relação ao estado do Amazonas foi a redução de sua taxa de desmatamento em 70%, entre 2002 e 2008, enquanto seu PIB cresceu 65% (BOUCHER, 2014). Mostrando que é possível haver crescimento sem causar grandes impactos ao meio ambiente. O estado do Acre também tem desenvolvido um sistema detalhado para monitorar suas reduções nas emissões e explorar as vendas de créditos REDD+(Redução de Emissões Decorrentes do Desmatamento e Degradações de Florestas) para o comércio e capitalização emergente na Califórnia (BOUCHER, 2014).

Para Lal (2004), a criação de programas de comercialização do C é uma possibilidade real. Isto é atribuído ao “valor social” que o solo possui devido às quantidades de N, P, K e S adsorvidas, da água contida no húmus e os benefícios como melhoria da qualidade de água e redução de processo erosivos. Além de estabelecer limites máximos para emissões industriais e multas para fazendeiros que degradem suas terras.

Dessa maneira, sugere-se que a variável “estoque de carbono no solo” seja acrescentada à discussões com relação a criação de áreas prioritárias à conservação. O fato da mancha de Latossolos Amarelos estar próxima ao arco do desmatamento e da região de Manaus, além dos problemas referentes à questão fundiária das terras, é um sinal que esta área merece um olhar

mais cuidadoso. As áreas onde são encontrados os Gleissolos foram e ainda são afetadas constantemente devido a presença de solos mais férteis, que podem ser utilizados para agropecuária, além dos problemas de contaminação por metais pesados como mercúrio (Hg). Os Argissolos Amarelos por serem a ordem com maior abrangência e possuírem os teores elevados de MO, também merecem destaque e cuidado com seu manejo.

Estudos futuros com relação a qualidade do material orgânico disponibilizado pelas formações florestais encontradas no estado e a manipulação dos dados amostrais utilizando programas de SIG através de ferramentas de geoestatística podem contribuir para o maior detalhamento e compreensão da distribuição espacial dos teores de MO do estado Amazonas.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A variabilidade dos teores de MO e Argila encontradas nos solos do estado do Amazonas foi atribuída à diversidade do material de origem e aos processos de formação do solo. Foi constatado que os Latossolos Amarelos possuem os maiores valores medianos de MO, seguidos por Argissolos Amarelos e Espodossolos, representando uma área de mais de 70% do estado. A grande presença de solos muito intemperizados ou sob forte influência do lençol freático e dos rios contribui para o acúmulo de MO.

O Domínio morfoclimático amazônico é responsável por estocar grandes quantidades de carbono no solo devido a sua extensão e preservação da mata nativa. O estado do Amazonas ganha importância nesta questão por possuir grande parte do seu território com a floresta preservada e ser o maior estado do Brasil. Porém, questões fundiárias e a proximidade com o arco do desmatamento podem gerar transtornos futuros.

Os Latossolos Amarelos apresentam uma grande mancha de solos com uma área de 18,49%, localizados principalmente na porção leste do estado do Amazonas, estando próxima ao arco do desmatamento do bioma Amazônico. Os Gleissolos Háplicos representam uma área de 9,43 % do estado e possuem os maiores valores de soma de bases e um teor de MO intermediário. O processo de ocupação do estado demonstra que estes solos sofrem intensa antropização e por este motivo muitas vezes a floresta destas áreas é removida para o aproveitamento na agropecuária. Possibilitando problemas com relação a de contaminação do solo pela utilização de Hg em lavras de ouro artesanais.

Os Argissolos Amarelos possuem valores de MO considerados altos e representam uma área de mais de 45% do estado. Por este motivo, seu manejo deve receber atenção, pois devido a sua abrangência a possibilidade de seu uso é alta, podendo acarretar em grandes perdas de carbono estocado no solo.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

ANDRADE, H; SCHAEFER, C. E. G. R; DEMATTÊ, J. L. I. **Pedogeomorfologia e Micropedologia de uma sequência Latossolo- Areia Quartzosa Hidromórfica sobre rochas cristalinas no estado do Amazonas.** Geonomos 1997: 5 (1): 55-66.

ANDRADE, H. **Evolução de uma Sequência de Solos Argissolos até Arenosos no Complexo Guianense da Amazônia Ocidental.** Piracicaba, 1990. 179f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas). Universidade de São Paulo.

AB’SABER, A.N. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas.** Ateliê editorial, 2003. p 151.

AB’SABER, A.N. **Os domínios morfoclimáticos na América do Sul: primeira aproximação.** Geomorfologia 1977: 53: 1-23.

ALENCAR, A.; NESTAD, D.; MOUTINHO, P. **Desmatamento na Amazônia: Indo além da “emergência crônica”.** IPAM (Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia). 2004.

ALLOWAY, B.J. **Heavy metals soils — trace metals and metalloids in soils and their bioavailability.** In: Alloway B.J, editor. 3rd ed. Springer-Verlag GmbH & Company KG; 2013. p. 613.

BOUCHER, D.; ELIAS, P.; FAIRES, J.; SMITH, S. **Histórias de sucesso no âmbito do desmatamento.** Union of Concerned Scientists. 2014. p 66.

BOURGON, L. M; FILIZOLA, N. P; GUYOT, J. L. **Distribuição dos teores médios de mercúrio nas águas da bacia do Rio Madeira e no Rio Amazonas.** Anais do XII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. 1997.

BECKER, Bertha. K. **Amazônia.** São Paulo: Ed. Atica, Principios. 1991. 112 p

BRADY, N. C. **Elementos da natureza e propriedades dos solos.** Ed.3º Bookman. 2013. 685 p.

BRINGEL, S. R. B; PASCOALOTO, D. **As águas transfronteiriças do Alto Rio Negro. In: Projeto Fronteira: Desvendando as Fronteiras do Conhecimento da Região Amazônica do Alto Rio Negro.** (Org). SOUZA, L. A. G. INPA, Manaus-AM, 2012. 350p.

BERNOUX, M.; CARVALHO, M. C. S.; VOLKOFF, B.; CERRI, C. C. **Brazil’s soil carbono stocks.** Soil Science Society of America Journal 2002: 66: 888-896.

BERNOUX, M.; CARVALHO, M. da C. S.; VOLKOFF, B.; CERRI, C. C. **CO2 emission from mineral soils following land-cover change in Brazil.** Global Change Biology 2001: 7 (7): 779-787.

Disponível em: http://www.readcube.com/articles/10.1046%2Fj.1354-1013.2001.00446.x?r3_referer=wol&tracking_action=preview_click&show_checkout=1&purchase_referrer=onlinelibrary.wiley.com&purchase_site_license=LICENSE_DENIED >.

Acesso em : 20/09/2015.

CÂMARA, G; CASANOVA. M. A; HEMERLY, A. **Anatomia de sistemas de informação geográfica**. UNICAMP, Campinas, 1996.

CAMPOS, M. C. C.; RIBEIRO, M. S.; JUNIOR, V. S. S. **Relações solo-paisagem em uma toposequência sobre substrato granítico em Santo Antônio do Matupi, Manicoré, (AM)**. Revista Brasileira de Ciência do Solo 2011: 35: 13-23.

CAMPOS, M. C. C.; RIBEIRO, M. R.; JUNIOR, V. S. S. **Toposequência de solos na transição Campos Naturais-Floresta na Região de Humaitá, Amazonas**. Acta Amazonica 2012: 42(3): 387-398.

CECLIMA/SDS. **O valor dos serviços da natureza – subsídios para políticas públicas de serviços ambientais no Amazonas**. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável- Manaus. 2010. p 72.

CLARO JR, L; FERREIRA, E; ZUANON, J. **O efeito da floresta alagada na alimentação de três espécies de peixes onívoros em lagos de várzea da Amazônia Central, Brasil**. Acta Amazonica 2004: 34(1): 133- 137.

COUTINHO, L; M. **O conceito de bioma**. Acta Botanica Brasilica 2005: 20 (1): 13-26.

CPRM. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. **Geologia e Recursos Minerais do Estado do Amazonas**. Manaus-AM. 2006. 153p.

CPRM. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. **Geodiversidade do Estado do Amazonas**. Manaus-AM. 2010. 21p.

DALMOLIN, R. S. D; CATEN, A. **Uso da terra dos Biomas Brasileiros e o impacto sobre a qualidade do solo**. Entre- Lugar 2012: 3 (6):181- 193.

DEMATTE, J. L. I; DEMATTÊ, J. A. M. **Comparações entre as propriedades químicas de solos de regiões da Floresta Amazônica e do Cerrado do Brasil Central**. Scientia. Agrícola 1993: 50 (2): 272 – 286.

DIAS, J. D. **Fluxo de CO₂ proveniente da respiração de solos em áreas de florestas nativas da Amazônia**. Piracicaba, 2006. 87 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas). Universidade de São Paulo.

DIAS, R. R. A. **Modelagem de estoques de carbono do solo sob diferentes coberturas na região do cerrado**. Brasília, 2010. 120f. Dissertação (Mestrado em Ecologia), Universidade de Brasília.

DIAZ, V. e SOARES FILHO, B.S. **“Desmatamento da Amazônia: indo além da “emergência crônica””**. IPAM, 2004.

DIXON, R. K.; BROWN, S.; HOUGHTON, R. A.; SOLOMON, A. M.; TREXLER, M. C.; WISNIEWSKI, J. **Carbon Pools and Flux of Global Forest Ecosystems**. Science 1994: 263: 185- 190.

DUARTE, T. G. **Florística, fitossociologia e relações solo-vegetação em floresta estacional decidual em Barão de Melgaço, Pantanal de Mato Grosso**. Viçosa, 2007. 162 f. Tese (Doutorado em botânica). Universidade Federal de Viçosa-MG.

EMBRAPA. **Métodos físicos e químicos na recuperação de pastagens degradadas**. Org: COSTA, N. L; MAGALHÃES. J.V. Porto Velho- RO, 2004.

EMBRAPA. **Estoque de carbono nos solos do Brasil**. Org: FIDALGO, E. C. C; [et al...].Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2007.26 p.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solos**. Org: DONAGEMA G,K; [et al...]. — Dados eletrônicos. — Rio de Janeiro : Embrapa Solos.2011. 230 p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA. 2006. 306 p.

EMBRAPA (1983). **Levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos e avaliação de aptidão agrícola das terras da área do Polo Tapajós**. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de solos (Boletim de Pesquisa, 20). Rio de Janeiro-RJ, Brasil.

EMBRAPA (1984). **Levantamento de reconhecimento dos solos e avaliação da aptidão agrícola das terras de uma área de colonização no Município de Careiro, Estado do Amazonas**. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo. (Boletim de Pesquisa, 31), Rio de Janeiro, Brasil.

EMBRAPA (1983). **Levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos e avaliação da aptidão agrícola das terras de 21.000 hectares no município de Tefé, Amazonas**. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo. (Boletim de Pesquisa, 19), Rio de Janeiro, Brasil.

EMBRAPA (1984). **Levantamento de reconhecimento dos solos e avaliação da aptidão agrícola das terras de uma área de colonização do Município de Barreirinha, Estado do Amazonas**. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solo. (Boletim de Pesquisa, 32), Rio de Janeiro, Brasil.

EMBRAPA (1984). **Levantamento de reconhecimento dos solos e avaliação da aptidão agrícola das terras do Município de Urucará, Estado do Amazonas**. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solo. (Boletim de Pesquisa, 30), Rio de Janeiro, Brasil.

EMBRAPA (1982). **Levantamento e reconhecimento de baixa intensidade dos solos e avaliação da aptidão agrícola das terras do projeto de colonização Apiaú - Território Federal de Roraima**. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solo. (EMBRAPA-SNLCS. Boletim de Pesquisa, 14), Rio de Janeiro, Brasil.

EMBRAPA (1982). **Levantamento de reconhecimento de baixa intensidade dos solos e avaliação da aptidão agrícola das terras de área piloto do município de Barreirinha - Estado do Amazonas**. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solo. (EMBRAPASNLCS. Boletim de Pesquisa, 9), Rio de Janeiro, Brasil.

FEARNSIDE, P. M. **Desmatamento na Amazônia: dinâmica, impactos e controle.** Acta. Amazônica 2006: 36(3): 395-400.

FEARNSIDE, P.M.; BARBOSA, R.I. **Avoided deforestation in Amazonia as a global warming mitigation measure: The case of Mato Grosso.** World Resource Review 2003: 15(3): 352-361.

FEARNSIDE, P.M; BARBOSA, R.I. **Soil carbon changes from conversion of forest to pasture in Brazilian Amazonia.** Forest Ecology and Management 1998: 108: 147-166.

GIBBS, H; YUI, S; PLEVIN, R. **New Estimates of Soil and Biomass Carbon Stocks for Global Economic Models.** GTAP Technical Paper 2014. 31p.

GUIMARÃES, S. T.; LIMA, H. N.; TEIXEIRA, W. G.; JUNIOR, A. F. N. **Caracterização e classificação de Gleissolos da várzea do Rio Solimões (Manacapuru e Iranduba), Amazonas, Brasil.** Revista Brasileira de Ciência Solo 2013: 37: 317-326.

HICUCHI, N; CHAMBERS, J; SANTOS, J. **Dinâmica e balanço do carbono da vegetação primária da Amazônia central.** Revista Floresta 2004: 34 (3): 295- 304.

IMAZON, IPAM e ISA. **O aumento do desmatamento da Amazônia em 2013: Um ponto fora da curva ou fora de controle.** Brasília, 07 de Janeiro de 2014.

Disponível em < <http://www.socioambiental.org/pt-br/noticias-socioambientais/aumento-no-desmatamento-na-amazonia-em-2013-um-ponto-fora-da-curva-ou-fora-de-controle>>.

Acesso em: 09/09/2015.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Geoestatísticas de Recursos Naturais da Amazônia Legal em 2003.** Estudos e Pesquisas, Informações Geográficas nº 8. Rio de Janeiro, R.J. 2011.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Indicadores de Desenvolvimento Sustentável.** Estudo e Pesquisas, Informações Geográficas nº9. Rio de Janeiro, RJ. 2012.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mudanças da cobertura e do uso da terra.** Rio de Janeiro, RJ. 2015a.

Disponível em : <ftp://geofp.ibge.gov.br/mapas_tematicos/mapas_murais/shapes/> Acesso em : 01/10/2015.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Indicadores de Desenvolvimento Sustentável.** Estudo e Pesquisas, Informações Geográficas nº10. Rio de Janeiro, RJ. 2015b.

IBGE. Censo de 2010.

Disponível em: <<http://www.amazonas.am.gov.br/o-amazonas/dados/>>.

Acesso em : 10/10/2015.

IPEA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada.

Disponível

em:

<

http://www.ipea.gov.br/desafios/index.php?option=com_content&id=2154:catid=28&Itemid=23>

Acesso em: 20/10/2015.

IPAM. Instituto de Pesquisa Ambiental do Amazonas.

Disponível em : <http://www.ipam.org.br/saiba-mais/glossariotermino/Arco-do-desmatamento/92>

Acesso em : 23/11/2015.

JANZEN, B. **The soil carbon dilemma: Shal we hoard it or use it?** Soil Biology Biochemistry 2006: 38: 419-424.

LIMA, H. N. **Gênese, química, mineralogia e micromorfologia de solos da Amazônia Ocidental.** Viçosa, 2001.191 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas). Universidade Feral de Viçosa -MG.

LIMA, H. N.; MELLO, J.W.V.; SCHAEFER, C. E. G. R.; KER, J.C. **Dinâmica da mobilização de elementos em solos da Amazônia submetidos à inundação.** Acta Amazonica 2005: 35(3): 317-330.

LIMA, H. N.; MELLO, J. W. V.; SCHAEFER, C. E. G.R. **Mineralogia e química de três solos de uma toposequência da bacia sedimentar do Alto Solimões, Amazonas Ocidental.** Revista Brasileiro de Ciência do Solo 2006: 30: 59-69.

LINHARES, D. P; SILVA, J.M; LIMA, T.R. **Mercúrio em diferentes tipos de solos marginais no baixo Rio Madeira- Amazônia Ocidental.** Geochimica Brasiliensis 2009: 23(1): 117-130.

MACHADO, P. L. O. A. **Carbono no solo e mitigação da mudança climática global.** Química Nova 2005: 28 (2): 329-334.

MARENGO, C.J. NOBRE,C.A. **In: Tempo e clima do Brasil.** Org : CAVALCANTI, I.F.A; FERREIRA, N.J.D. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

MARQUES, J. J.; TEIXEIRA, W. G.; SCHULZE, D.G. **Mineralogy of soils with unusually high exchangeable al from the western Amazon Region.** The Mineralogy Society 2002: 37: 651-661.

MARQUES, J. D. O; TEIXEIRA, W. G; REIS, A.M. **Atributos químicos, físico-hídricos da fração argila em solos do Baixo Amazonas: Serra de Parintins.** Acta Amazonica 2010: 40 (1): 1-12 .

MELLO, F. F. C. **Estimativas de estoque de carbono dos solos nos Estados de Rondônia e Mato Grosso anteriores à intervenção antrópica.** Piracicaba, 2007. 89 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas). Universidade de São Paulo.

MMA. Ministério do Meio Ambiete. **Plano de ação para a prevenção e controle do desmatamento na Amazônia legal.** Brasília. 2004. 156p.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa.** (Versão preliminar). 2015. p 79.

MORAES, J. F. L.; VOLKOFF, B.; CERRI, C. C. **Soil properties under Amazon forest and changes due to pasture installation in Rondônia, Brazil.** Geoderma 1996: 70: 63-81.

NOBRE, C. A; NOBRE, A. D. **O balanço de carbono na Amazônia brasileira.** Estudos Avançados 2002:16 (45): 81- 90.

NOGUEIRA, A. C. F; SANSON, F; PESSOA, K. **A expansão urbana e demográfica da cidade de Manaus e seus impactos ambientais.** Anais do XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2007. 5427- 5434p.

PEREIRA, L. C. **Características Químicas de Latossolos Amarelos da Região Amazônica Brasileira.** Piracicaba, 1987. 96 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas). Universidade de São Paulo.

PROJETO RADAM BRASIL. **Folha NA 20 - Boa Vista e parte das folhas NA 21 - Tumucumaque, NB 20 - Roraima e NB 21.** Rio de Janeiro, DNPM, 1975. 427p. (Levantamento de Recursos Naturais, 8).

PROJETO RADAM BRASIL. **Folha NA 21- Tumucumaque e parte da Folha NB 21.** Rio de Janeiro, DNPM, 1975. 146p (Levantamentos de Recursos Naturais, 9).

PROJETO RADAM BRASIL. **Folha SA 1 - Santarém.** Rio de Janeiro, DNPM, 1976. 510p. (Levantamento de Recursos Naturais, 10).

PROJETO RADAM BRASIL. **Folha NA 19- Pico da Neblina.** Rio de Janeiro, DNPM, 1976. 144p. (Levantamento de Recursos Naturais, 11).

PROJETO RADAM BRASIL. **Folha SC - Rio Branco.** Rio de Janeiro, DNPM, 1976. 458p. (Levantamento de Recursos Naturais, 12).

PROJETO RADAM BRASIL. **Folha SB/SC 18. Javai/Contamona.** Rio de Janeiro, DNPM, 1977. 480p. (Levantamento de Recursos Naturais, 13).

PROJETO RADAM BRASIL. **Folha SA 19 - Içá.** Rio de Janeiro, DNPM, 1977. 446p. (Levantamento de Recursos Naturais, 14).

PROJETO RADAM BRASIL. **Folha SB 19- Juruá.** Rio de Janeiro, DNPM, 1977. (Levantamento de Recursos Naturais, 15).

PROJETO RADAM BRASIL. **Folha SC 20 – Porto Velho.** Rio de Janeiro, DNPM, 1978. 663p. (Levantamento de Recursos Naturais, 16).

PROJETO RADAM BRASIL. **Folha SB 20- Purus.** Rio de Janeiro, DNPM, 1978. 566p. (Levantamento de Recursos Naturais, 17).

PROJETO RADAM BRASIL. **Folha SA 20- Manaus.** Rio de Janeiro, DNPM, 1978. 628 p. (Levantamento de Recurso Naturais, 18).

PROJETO RADAM BRASIL. **SC 21- Juruena.** Rio de Janeiro, DNPM, 1980.460p. (Levantamento de Recursos Naturais, 20).

PUIG, H. **A floresta tropical úmida**. Unesp. 2008. 496p.

OLIVEIRA, A.U. **Integrar para entregar: políticas públicas e Amazônia**. Papirus, 1988. 107p.

QUEIROIZ, H. **A reserva de desenvolvimento sustentável Mamirauá**. Estudos Avançados 2005:19 (54): 183-203.

QUESADA, C.A.; LLOYD, J.; SCHWARZ, M.; PATIÑO, S.; BAKER, T.R. **Variations in chemical and physical properties of Amazon Forest soils in relation to their genesis**. Biogeosciences 2010: 7 (15): 15-1541.

SILVA, I; MENDONÇA, E.S. **VI- Matéria orgânica do solo**. In: Fertilidade do Solo. (Org). NOVAIS, R.F. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa –MG. 2007. 1017pg.

LAL, R. **Soil Carbon sequestration to mitigate climate change**. Geoderma 2004: 123: 1-22.

LAL, R. **Forest and Carbon sequestration**. Forest Ecology and Management 2005: 220: 242-258.

SOARES, T. J.; HIGUCHI. **A convenção do clima e a legislação brasileira pertinente, com ênfase para legislação ambiental no Amazonas**. Acta Amazônica 2006: 36(4): 573-580.

TELLES, E. C. C. **Influence of soil carbon dynamics and storage potential tropical forest soils Amazonia**. Global Biogeochemical Cycles 2003: 17.

TOGNON, A.A; DEMATTÊ, J. L. I; DEMATTÊ, J. A. M. **Teor e destruição de matéria orgânica em Latossolos das regiões da floresta Amazônica e dos Cerrados do Brasil Central**. Scientia Agricola 1998: 53(3).

TOREZANI, P; W. **Apostila de estatística I**. Faculdade Univila. Vila Velha 2004: 1-59.

VIEIRA, L. S.; SANTOS, P. C. **Amazônia, seus solos e outros recursos naturais**. Campinas. Ceres. 1987. 416 p.

VOLKOFF, B; DUBROEUCQ, D. **From Oxisols to Spodosols and Histosols: evolution of the soils mantles in the Rio Negro basin (Amazonia)**. Catena 1998: 32: 245-280.

XAVIER, B. T. L. **Mineralogia e teores de metais pesados em solos da bacia sedimentar amazônica**. Viçosa, 2013. 119 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa.

WILLIAMS, C. A; HANAN, N.P; NEFF, J.C; SCHOLLES, R. **Carbon Balance and Management**. BioMed Central 2007: 2(3): 1-13.

