

**Perfil da qualidade do solo para o cultivo de Andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.) em diferentes mesorregiões do Estado do Pará****Soil quality profile for Andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.) Cultivation in different mesoregions of the State of Pará**

DOI:10.34117/bjdv6n2-261

Recebimento dos originais: 30/12/2019

Aceitação para publicação: 26/02/2020

**Orivan Maria Marques Teixeira**

Doutorando do programa de pós-graduação em Biodiversidade e Biotecnologia da Rede BIONORTE pela Universidade Federal do Pará

Instituição: Universidade Federal do Pará/Museu Paraense Emilio Goeldi

Endereço: Instituto de Tecnologia - Universidade Federal do Pará – UFPA – Guamá, Belém - PA, 66075-110, Pará, Brasil.

E-mail: orivan.teixeira@embrapa.br

**Williams Jorge Da Cruz Macêdo**

Professor do programa de pós-graduação em Biodiversidade e Biotecnologia da Rede BIONORTE pela Universidade Federal do Pará

Instituição: Universidade Federal do Pará/Museu Paraense Emilio Goeldi

Endereço: Instituto de Tecnologia - Universidade Federal do Pará – UFPA – Guamá, Belém - PA, 66075-110, Pará, Brasil.

E-mail: williamsmacedo@yahoo.com.br

**Pedro Moreira De Sousa Junior**

Professor Adjunto da Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus Capanema

Instituição: Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus Capanema

Endereço: Avenida Barão de Capanema SN, Bairro Caixa D'água, Capanema, Pará, Brasil.

E-mail: pedro.junior@ufra.edu.br

**Simone De Fátima Pinheiro Pereira**

Professora Titular da Universidade Federal do Pará

Instituição: Universidade Federal do Pará/Museu Paraense Emilio Goeldi

Endereço: Instituto de Tecnologia - Universidade Federal do Pará – UFPA – Guamá, Belém - PA, 66075-110, Pará, Brasil.

E-mail: 3-simonefp@ufpa.br

**Alberdan Silva Santos**

Professor Associado da Universidade Federal do Pará

Instituição: Laboratório de Investigação Sistemática em Biotecnologia e Biodiversidade Molecular/Universidade Federal do Pará

Endereço: Instituto de Tecnologia - Universidade Federal do Pará – UFPA – Guamá, Belém - PA, 66075-110, Pará, Brasil.

E-mail: alberdan.ufpa@gmail.com

**Auriane Consolação Da Silva Gonçalves**

Doutoranda do programa de pós-graduação em Biodiversidade e Biotecnologia da Rede BIONORTE pela Universidade Federal do Pará

Instituição: Universidade Federal do Pará/Museu Paraense Emilio Goeldi

Endereço: Instituto de Tecnologia - Universidade Federal do Pará- UFPA - Guamá, Belém - PA, 66075-110, Pará, Brasil.

E-mail: auriane.goncalves@embrapa.br

**Mateus Higo Daves Alves**

Graduando em Agronomia pela Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus Capanema

Instituição: Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus Capanema

Endereço: Avenida Barão de Capanema SN, Bairro Caixa D'água, Capanema, Pará, Brasil.

E-mail: mateushigo.alves@gmail.com

**Paulo Victor Queiroz Teixeira**

Graduando em Engenharia Química pela Universidade Federal do Pará

Instituição: Universidade Federal do Pará

Endereço: Instituto de Tecnologia - Universidade Federal do Pará- UFPA - Guamá, Belém - PA, 66075-110, Pará, Brasil.

**RESUMO**

Na Amazônia, existem diversos estudos sobre a ocorrência de espécies florestais oleaginosas, sobretudo, há o interesse econômico no plantio de espécies nativas que produzam óleo de elevado valor comercial. Entretanto, os solos pouco férteis e a indisponibilidade de nutrientes são fatores relevantes, que precisam ser investigados e corrigidos para o crescimento e desenvolvimento de projetos que promovam estas espécies. No estudo optou-se por áreas de florestas nativas onde se desenvolve a espécie Andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.). Foram coletadas amostras na profundidade de 0 a 20 cm, em vinte e um municípios nas seis mesorregiões do Estado do Pará, e avaliado os nutrientes do solo para prospecção dos indicadores de qualidade. As mesorregiões Metropolitana de Belém e Marajó, apresentaram excelentes indicadores para o desenvolvimento da andirobeira, com ciclagem de nutrientes ativa importante para a manutenção de ecossistemas florestais, principalmente em solos de baixa fertilidade natural, como a maioria dos solos amazônicos. Desta forma foi possível mensurar os indicadores da qualidade do solo nas mesorregiões paraenses, com ocorrência da espécie oleaginosa andiroba e sua adaptação aos diferentes tipos de solo, assim informando quais os solos, das regiões estudadas, apresentaram condições satisfatórias de fertilidade para implementação de projetos de plantio de espécies oleaginosas.

**Palavras-chave:** Fertilidade do solo, Municípios paraenses, Andirobeira.

**ABSTRACT**

In the Amazon, there are several studies on the occurrence of oleaginous forest species, above all, there is an economic interest in planting native species that produce oil of high commercial value. However, poorly fertile soils and the lack of nutrients are relevant factors that need to be investigated and corrected for the growth and development of projects that promote these species. In the study, we opted for areas of native forests where the Andiroba species (*Carapa guianensis* Aubl.) Develops. Samples were collected at a depth of 0 to 20 cm, in twenty-one municipalities in the six mesoregions of the State of Pará, and the soil nutrients were evaluated to prospect for quality indicators. The metropolitan mesoregions of Belém and Marajó, presented excellent indicators for the development of andirobeira, with active nutrient cycling important for the maintenance of forest ecosystems, mainly in soils of low natural fertility, as most of the Amazonian soils. In this way it was possible to

measure the soil quality indicators in the mesoregions of Pará, with the occurrence of the oleaginous species andiroba and its adaptation to different types of soil, thus informing which soils, in the studied regions, presented satisfactory conditions of fertility for the implementation of projects of planting of oilseed species.

**Keywords:** Soil fertility, Pará municipalities, Andirobeira.

## 1 INTRODUÇÃO

O solo é um recurso natural essencial ao funcionamento do ecossistema amazônico, sendo um dos responsáveis pelo equilíbrio ambiental, servindo como base para o crescimento de vegetais, e habitat para animais e microrganismos, regulando o fluxo de água e nutrientes, minimizando a degradação de compostos químicos prejudiciais ao meio ambiente (LARSON & PIERCE, 1994).

Carvalho *et al.* (2003), afirmam que a preocupação com a qualidade do solo tem crescido na medida que seu uso e mobilização intensiva podem diminuir a sua capacidade de manter uma produção biológica sustentável. Desta forma, o monitoramento dos indicadores com vista à preservação da sua qualidade é de extrema importância para a obtenção de uma produção continuada (FIALHO *et al.*, 2006).

A avaliação de um indicador constitui um planejamento que pode privilegiar o cultivo diversificado de plantas, promovendo o desempenho eficiente das funções do solo, determinando a qualidade ambiental e alcançando o cultivo contínuo de espécies diversificadas (VEZZANI & MIELNICZUK, 2009).

A qualidade do solo é entendida como a capacidade de sustentar a produtividade biológica do ecossistema, mantendo o equilíbrio ambiental e promovendo a saúde de plantas e/ou animais e do próprio ser humano (DORAN *et al.*, 1996; SPOSITO & ZABEL, 2003). Segundo Aragão *et al.* (2012), avaliar a qualidade do solo requer o monitoramento de alguns parâmetros que variam com as mudanças de fatores externos. Para uma avaliação adequada da qualidade do solo é necessário, que se realize a determinação de atributos químicos e indicadores de fertilidade, pois somente dessa forma é possível definir as reais condições para o desenvolvimento de determinada cultura (LOPES, 1998).

A avaliação de solos, utilizando-se atributos químicos e físicos como indicadores, constitui um trabalho constante em sistemas produtivos com o objetivo de propor usos do solo mais sustentáveis. Assim, a menor variação dos atributos do solo na vegetação nativa quando comparada com a dos solos de usos agrícolas, a torna um referencial para avaliação de solos incorporados a sistemas agrícolas (CORRÊA *et al.*, 2009).

Para o plantio de espécies como a Andirobeira (*Carapa guianensis* Aubl.), autores como Souza *et al.* (2006), relatam que esta espécie é bem adaptada à região amazônica, apresentando bom

desenvolvimento (árvores de grande porte) em áreas de clima tropical úmido, e também tem adaptação em terra firme, porém com menor desenvolvimento (médio à pequeno porte).

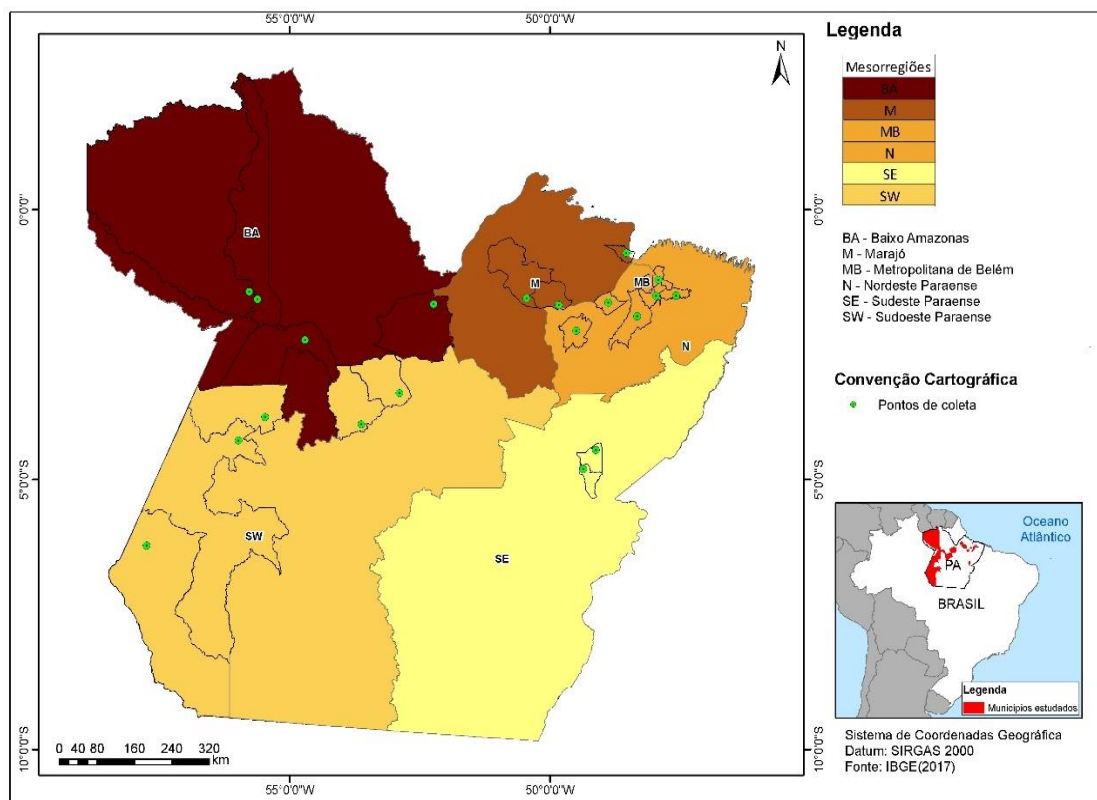
Assim, o objetivo deste trabalho foi estabelecer índices de qualidade do solo sob floresta nativa nas diferentes mesorregiões do Estado do Pará, por meio da avaliação integrada de atributos químicos do solo em áreas de ocorrência de espécies oleaginosas como a Andirobeira.

## 2 METODOLOGIA

### 2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Com o intuito de traçar um perfil regional do estado do Pará, a coleta foi realizada nas 6 (seis) mesorregiões (Figura 1) que compreende as: MB (mesorregião Metropolitana de Belém); N (mesorregião do Nordeste Paraense); M (mesorregião do Marajó); BA (mesorregião do Baixo Amazonas); SW (mesorregião do Sudoeste Paraense); SE (mesorregião do Sudeste Paraense), no período que compete de 12(doze) meses entre agosto/2017 a julho/2018.

**Figura 1 – Mapa do estado do Pará com mesorregiões delimitadas.**



**Fonte: Elaborado Pelo Autor**

### 2.2 COLETA E AMOSTRAGEM

O estudo ocorreu em área de floresta com risco potencial de degradação, com pontos de coleta de solo georreferenciados. Todas as áreas referentes a este estudo possuem características de solo e

topografia similares, em cada área analisada a amostragem de solo foi realizada de forma aleatória na camada de 0-20 cm, sendo retiradas 03(três) amostras simples as quais foram homogeneizadas, formando uma amostra composta, os solos foram acondicionados em sacos plásticos identificados e levados ao laboratório. As amostras de solo foram secas ao ar, passadas em peneiras com malha de 2 mm de diâmetro e analisadas quimicamente de acordo com procedimentos analíticos segundo EMBRAPA (2011).

### 2.3 DETERMINAÇÃO ANALÍTICA

Para extração dos nutrientes fósforo assimilável (P), potássio trocável ( $K^+$ ), cálcio trocável ( $Ca^{+1}$ ), magnésio trocável ( $Mg^{+1}$ ) e alumínio trocável ( $Al^{+1}$ ), utilizou-se os métodos de extração por Mehlich <sup>3</sup> (EMBRAPA, 2011) e quantificou-se por instrumentação utilizando determinador elementar MP-OES (Espectrometria de emissão ótica por plasma induzido por micro-ondas).

A acidez ativa do solo (pH) foi determinada de forma direta (phmetro), para determinação da acidez potencial (H+Al) utilizou-se o método da solução de acetato de cálcio 0,5 mol L<sup>-1</sup> a pH 7,0 segundo Raij et. al., (2001). Na determinação da matéria orgânica utilizou-se o método proposto Walkey-Black (EMBRAPA, 2011).

A partir dos dados obtidos foram utilizadas as equações 1, 2, 3, 4 e 5 para determinar a Soma de bases trocáveis (SB), capacidade de troca de cátions (T), capacidade de troca de cátions efetiva (t), saturação por alumínio trocável (m%) e saturação por bases trocáveis (V) de acordo com Embrapa (2011).

$$SB = K^+ + Na^+ + Ca^{2+} + Mg^{2+} \quad \text{Equação 1}$$

$$T = K^+ + Na^+ + Ca^{2+} + Mg^{2+} + H^+ + Al^{3+} \quad \text{Equação 2}$$

$$t = K^+ + Na^+ + Ca^{2+} + Mg^{2+} + Al^{3+} \quad \text{Equação 3}$$

$$m (\%) = 100 (Al^{3+} \div t) \quad \text{Equação 4}$$

$$v (\%) = 100 (SB \div T) \quad \text{Equação 5}$$

### 2.4 TRATAMENTO E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS

A qualidade do solo das áreas, foram avaliadas levando em consideração a distribuição normal das características avaliadas e a comparação realizada com base nos desvios entre as áreas nativas e a de referência proposta pelos autores Prezotti e Martins (2013) e Cravo (2010). Todos os resultados foram avaliados por métodos de estatística básica utilizando o software estatístico R.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 3.1 AVALIAÇÃO DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO

A análise química de solo para fins de avaliação da fertilidade apresenta, em geral, resultados indicadores de impedimentos químicos ao desenvolvimento do sistema radicular e da disponibilidade de nutrientes, além de indicadores complementares para a avaliação da fertilidade (ALVES *et al.*, 2019). A tabela 2 estão descritos os valores médios dos atributos químicos dos solos dos municípios do Estado do Pará para cada mesorregião estudada.

Na tabela 1 verifica-se que o pH se destacou nas mesorregiões do Marajó (pH = 4,88) e Baixo Amazonas (pH = 4,64), com os valores mais baixos do que os recomendados por Prezotti e Martins (2013) (pH = 5,0-5,9). Os mesmos autores citam que solos com valores baixos de pH geralmente apresentam baixa atividade de microrganismos e baixa saturação por bases indicando a necessidade de correção do solo para a maiorias das culturas.

A matéria orgânica (M.O) teve como destaque o Sudeste Paraense (M.O = 12,49g.kg<sup>-1</sup>) que apresentou valores abaixo do que os sugeridos por Prezotti e Martins (2013) e Brasil e Cravo (2007), 19g.kg<sup>-1</sup> e 15-30g.kg<sup>-1</sup>, respectivamente. Essa característica indica que esta mesorregião apresenta o menor potencial produtivo disponível para absorção de plantas, contradizendo Marques *et al.* (2016), que cita em suas pesquisas, a grande potencialidade solo amazônicos de armazenamento de carbono, apresentando assim elevados valores de M.O.

Os resultados de fósforo (P) selecionaram a região Metropolitana de Belém (P = 6,60 mg.dm<sup>-3</sup>), Marajó (P = 4,05 mg.dm<sup>-3</sup>) e Sudoeste Paraense (P = 4,03 mg.dm<sup>-3</sup>) como aquelas que possuem os menores teores médios quando comparados aos sugeridos por Brasil e Cravo (2007) (P = 7,1-15 mg.dm<sup>-3</sup>). Uma das relevâncias do fósforo está relacionada à capacidade fotossintética, na qual está envolvida a transferência de cargas de energia, produção de ATP (adenosina trifosfato), translocação, dentre outros processos metabólicos (FERNANDES, 2006). Prezotti e Martins (2013), relata que a maioria das culturas cultivadas em solo com este teor de P provavelmente terá baixa produtividade devido à baixa disponibilidade desse elemento.

Sobre o parâmetro potássio (K<sup>+</sup>), destaca-se o Sudeste Paraense (K<sup>+</sup> = 102,59 mg.dm<sup>-3</sup>) como a mesorregião com maior concentração quando comparado ao valor de referência (K<sup>+</sup> = 30-60 mg.dm<sup>-3</sup>). Autores como Lopes (1998), caracterizam o potássio como sendo de extrema importância para o crescimento das plantas, e em altas concentrações pode proporcionar a planta uma grande resistência a pragas, além de influenciar na qualidade da maioria das culturas, com o aumento de peso das sementes como por exemplo.

Em relação ao elemento cálcio (Ca<sup>+2</sup>), foi observado que as mesorregiões Metropolitana de Belém (Ca<sup>+2</sup> = 1,32 mg.dm<sup>-3</sup>), Baixo Amazonas (Ca<sup>+2</sup> = 1,21 mg.dm<sup>-3</sup>) e Sudeste Paraense (Ca<sup>+2</sup> =



1,24 mg.dm<sup>-3</sup>) apresentaram as menores concentrações quando comparadas aos valores recomendados pelos autores Prezotti e Martins (2013) e Brasil e Cravo (2007) 1,5–4,0 mg.dm<sup>-3</sup> e 1,6–3,0 mg.dm<sup>-3</sup>, respectivamente. Tal característica indica que o solo apresenta uma baixa fertilidade, prejudicando a maioria das culturas. Além disso, na maioria dos solos de elevados níveis de acidez acabam inativando elementos químicos como cálcio e magnésio (FREITAS *et al.*, 2017). O Magnésio (Mg<sup>+2</sup>) foi selecionado por apresentar concentração elevada (Mg<sup>+2</sup> = 1,54 mg.dm<sup>-3</sup>) na mesorregião Metropolitana de Belém. Devido a semelhanças entre suas propriedades químicas, tanto o Ca<sup>+2</sup> quanto o Mg<sup>+2</sup> apresentam comportamento semelhante no solo. Portanto, as mesmas características descritas para o elemento cálcio, são estendidas ao magnésio.

Sobre a variável alumínio (Al<sup>+3</sup>) as informações mais relevantes estão relacionadas às mesorregiões Metropolitana de Belém (Al<sup>+3</sup> = 1,10 mg.dm<sup>-3</sup>) e Marajó (Al<sup>+3</sup> = 1,48 mg.dm<sup>-3</sup>) devido aos seus valores médios estarem acima dos valores admitidos como referência para esse estudo. Lopes (1998) comenta em sua pesquisa que geralmente em solos com pH entre 5,5 a 6,0 o alumínio pode apresentar-se mais disponível na forma de alumínio trocável (Al<sup>+3</sup>) a partir da formação do Al(OH)<sub>3</sub> tornando o solo potencialmente tóxico para culturas.

Em relação à Andiroba, as condições elencadas satisfazem os requisitos para o bom desenvolvimento. Segundo Ferreira *et al.* (2001), essa espécie possui várias qualidades entre elas: a de apresentar uma grande plasticidade, com bom desenvolvimento sob condições de sombreamento e desempenho favorável em plantios a pleno sol. Ele também cita que em sistemas agroflorestais, a Andiroba se mostra bastante promissora no seu desenvolvimento inicial, podendo ajudar nas respostas às interações existentes entre os componentes.

Tabela 1 – Teores médios dos atributos químicos dos solos de áreas nativas dos municípios do Estado do Pará, por Mesorregiões.

Mesorregião *	Municípios	pH	M.O	P	K <sup>+</sup>	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Al <sup>+3</sup>
		água	g.kg <sup>-1</sup>	mg.dm <sup>-3</sup>			cmolc.dm <sup>-3</sup>	
MB	Santa Isabel	5,03	8,78	1,91	17,51	0,40	0,50	0,90
	Castanhal	5,20	23,99	15,16	116,25	1,77	1,10	1,40
	Bujaru	5,53	15,36	2,74	58,82	1,80	3,03	1,00
<b>Média</b>		5,25	16,04	6,60	64,19	1,32	1,54	1,10
N	Abaetetuba	5,27	25,25	15,44	53,92	1,40	0,87	0,40
	Acará	4,70	16,59	6,93	25,21	0,57	0,43	1,07
	Cametá	4,70	30,66	16,69	56,02	1,30	0,97	1,13
	São Miguel do Guamá	5,40	36,87	6,55	35,01	3,57	1,17	0,27
<b>Média</b>		5,02	27,34	11,40	42,54	1,71	0,86	0,72
M	Curralinho	5,07	70,33	5,92	96,64	6,98	2,52	0,80
	Salvaterra	4,97	6,89	2,71	15,41	0,47	0,27	1,00
	Breves	4,60	3,15	3,51	40,62	0,47	0,50	2,63
<b>Média</b>		4,88	26,79	4,05	50,89	2,64	1,10	1,48
<b>BA</b>	<b>Santarém</b>	4,50	7,60	12,80	18,21	0,33	0,27	1,20

	<b>Oriximiná</b>	4,77	68,37	8,99	63,73	3,70	1,47	0,40
	<b>Óbidos</b>	4,97	3,26	8,73	37,12	0,40	0,40	0,87
	<b>Porto de Mós</b>	4,33	4,60	1,58	16,11	0,40	0,37	1,40
<b>Média</b>		4,64	20,96	8,03	33,79	1,21	0,63	0,97
<b>SE</b>	<b>Nova IPIXUNA</b>	5,33	7,61	19,23	105,04	0,90	0,53	0,30
	<b>Jacundá</b>	5,07	17,36	5,55	100,14	1,57	1,23	0,27
<b>Média</b>		5,20	12,49	12,39	102,59	1,24	0,88	0,29
<b>SW</b>	<b>Medicilândia</b>	4,77	2,73	1,68	28,71	0,60	0,60	1,63
	<b>Uruará</b>	5,57	7,15	5,65	63,03	1,50	0,27	0,10
	<b>Itaituba</b>	4,20	17,70	4,97	43,42	0,40	0,40	2,17
	<b>Jacareacanga</b>	4,73	12,26	4,04	35,71	0,43	0,30	1,00
	<b>Aveiro</b>	5,67	52,50	3,82	91,74	7,43	2,37	0,10
<b>Média</b>		4,99	18,47	4,03	52,52	2,07	0,79	1,00
<b>Valores médios de referência</b>								
	<b>Prezotti e Martins (2013)</b>	5,0-5,9	19	--	--	1,5-4,0	0,5-1,0	0,3-1,0
	<b>Brasil e Cravo (2007)</b>	--	15-30	7,1-15	30-60	1,6-3,0	0,4-1,0	0,5-1,0

\* MB: Metropolitana de Belém, N: Nordeste Paraense, M: Marajó, BA: Baixo Amazonas, SE: Sudeste Paraense, SW: Sudoeste Paraense. pH: potencial hidrogeniônico, M.O: matéria orgânica, P: fósforo, K: potássio, Ca: cálcio, Mg: magnésio, Al: alumínio.  
Fonte: Teixeira (2020).

### 3.2 AVALIAÇÃO DA FERTILIDADE DO SOLO

A soma de bases (SB) é um dos indicadores da fertilidade do solo, e quanto maior for o valor obtido para este parâmetro, maior será a disponibilidade de nutrientes. Segundo Ronquim (2010), a capacidade de troca de cátions (CTC) efetiva, determina a quantidade de cátions  $Al^{+3}$ ,  $Ca^{+2}$ ,  $Mg^{+2}$  e  $K^{+}$  que o solo é capaz de reter.

Assim como as somas de bases (SB), a acidez potencial (H+Al) também tem similaridades com a CTC, isto é explicado pelo fato da H+Al exercer influência direta no cálculo da CTC, a qual poderá ser observado pela correlação entre esses dois atributos (SALVIANO *et al.*, 1998).

A análise envolvendo CTC e H+Al deve ser observada, pois a CTC total é o somatório de K, Ca, Mg e H+Al, e solos com o mesmo valor de CTC apresentarão H+Al com valores distintos, dependendo do pH (CARVALHO *et al.*, 2003).

A partir das determinações dos atributos químicos e acidez potencial (H+Al), foram determinados os indicadores referentes à fertilidade do solo, são eles: soma de bases trocáveis (SB), capacidade de troca de cátions (CTC), e saturação por bases (V%), conforme a Tabela 2.

No que se refere ao parâmetro (H+Al), a principal informação extraída direciona para o estudo comparativo entre as médias das mesorregiões e os valores adotados como referência. Foi constatado que todas apresentam valores acima do intervalo de 2,5 – 5,0  $cmolc.dm^{-3}$ , com exceção da mesorregião sudeste paraense. O valor elevado desse parâmetro indica que esses solos apresentam limitações para o desenvolvimento da maioria das culturas. Prezotti e Martins (2013), relata em suas pesquisas que geralmente os valores de H+Al são maiores em solos ricos em matéria orgânica,



principalmente se estes apresentarem baixos valores de pH. Tal característica se comprovam quando confrontamos os atributos químicos das mesorregiões Metropolitana de Belém, Nordeste Paraense e Marajó.

Para a  $CTC_{Total}$  verifica-se a presença de 2 (dois) valores relativamente elevados 14,56  $cmol_c.dm^{-3}$  e 10,97  $cmol_c.dm^{-3}$  correspondente a Metropolitana de Belém e Marajó, respectivamente. Quando o solo apresenta valores acima de 10  $cmol_c.dm^{-3}$  geralmente tem elevado poder tampão, necessitando de maior quantidade de calcário para alterar o pH (SOBRAL, *et al.*, 2015). Tal condição conduz para uma maior retenção de cátions no solo, tornando-o relativamente instável quanto à disponibilidade de nutrientes.

As considerações acerca da soma de bases, concentram-se na mesorregião do Baixo Amazonas ( $SB = 2,03 cmol_c.dm^{-3}$ ), pois a mesma apresenta concentração menor do que o intervalo de referência citado por Brasil e Cravo (2007) (2,5-7,0  $cmol_c.dm^{-3}$ ). Segundo Ronquim (2010), baixos teores de SB são indicativos de baixa disponibilidade de nutrientes no solo. Os principais nutrientes do solo são P,  $K^+$ ,  $Ca^{+2}$ ,  $Mg^{+2}$  e quando se correlaciona com os atributos químicos é confirmada que a localidade em questão apresenta as menores concentrações.

Em relação ao parâmetro saturação por bases, é identificado que todas as regiões apresentaram concentrações menores do que valores referência (50-70%). Essa condição significa que existe uma maior adsorção de  $Al^{+3}$  e  $H^+$ , e quantidades menores dos cátions básicos  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  e  $K^+$ , adsorvidos nos colóides do solo (ALVAREZ *et al.*, 1999). Os teores elevados de  $Al^{+3}$  são confirmados nas mesorregiões Metropolitana de Belém e Marajó, enquanto que em relação aos nutrientes, verificados através da soma de bases, somente a mesorregião do Marajó se destaca.

Correlacionando os atributos químicos e os parâmetros de fertilidade do solo, foi possível selecionar as mesorregiões que apresentaram as condições mais satisfatórias para o plantio e desenvolvimento da Andirobeira, que são as mesorregiões Metropolitana de Belém e Marajó, desde que sejam realizados tratamentos de correção do solo.

Tabela 2 - Teores médios de acidez potencial (H+Al), capacidade de troca de cátions (CTC), soma de bases (SB) e saturação por bases trocáveis (V%) dos municípios paraenses, por mesorregiões.

Mesorregião*	Municípios	H+Al	CTC <sub>Total</sub>	SB	V
		$cmol_c.dm^{-3}$ (%)			
MB	Santa Isabel	4,57	5,60	1,03	18,49
	Castanhal	24,26	27,87	3,62	12,99
	Bujaru	4,95	10,21	5,26	51,53
Média		11,26	14,56	3,30	27,67
N	Abaetetuba	5,17	7,76	2,58	33,32
	Acará	5,28	6,45	1,16	18,11
	Cametá	7,92	10,52	2,60	24,70
	São Miguel do Guamá	7,32	12,32	5,01	40,63
	Média		6,42	9,26	2,84

M	Currálinho	9,90	19,98	10,08	50,46
	Salvaterra	3,41	4,29	0,88	20,47
	Breves	7,43	8,64	1,21	14,05
Média		6,91	10,97	4,06	28,33
BA	Santarém	4,68	5,40	0,73	13,44
	Oriximiná	12,76	18,27	5,51	30,18
	Óbidos	4,73	5,74	1,01	17,62
	Porto de Mós	6,27	7,14	0,87	12,14
Média		7,11	9,14	2,03	18,35
SE	Nova Ipixuna	3,19	5,15	1,95	38,02
	Jacundá	5,06	8,44	3,38	40,06
Média		4,13	6,80	2,67	39,04
SW	Medicilândia	5,56	6,92	1,37	19,73
	Uruará	1,21	3,28	2,07	63,18
	Itaituba	9,35	10,41	1,06	10,17
	Jacareacanga	6,27	7,21	0,94	13,01
	Aveiro	6,49	16,74	10,25	61,25
Média		5,78	8,91	3,14	33,47
<b>Valores médios de referência</b>					
<b>Prezotti e Martins (2013)</b>		2,5-5,0	4,5-10,0	2,0 – 5,0	50-70
<b>Brasil e Cravo (2007)</b>		2,5-5,0	5,0-15,0	2,5 – 7,0	50-70

\* MB: Metropolitana de Belém, N: Nordeste Paraense, M: Marajó, BA: Baixo Amazonas, SE: Sudeste Paraense, SW: Sudoeste Paraense. H+Al: acidez potencial, CTC<sub>Total</sub>: capacidade de troca de cátions total, SB: soma de bases, V: saturação por bases.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De modo geral os indicadores da qualidade de solo foram influenciados pela amostragem realizada em áreas adjacentes as Andirobeiras (*Carapa guianensis* Aubl.). Entre os indicadores estudados, como CTC, SB, H+Al e V, pode-se destacar que as determinações dos atributos químicos foram importantes no equacionamento destes indicadores, onde se verificou a qualidade dos solos das mesorregiões estudadas.

Nota-se que os solos das mesorregiões analisadas apresentaram diferenças significativas. Considerando indicadores como CTC, SB e V, assim como foi possível determinar que as mesorregiões Metropolitana de Belém e Marajó são as regiões nas quais provavelmente o cultivo da Andiroba apresentará bons resultados devido aos melhores indicativos da qualidade do solo.

#### REFERÊNCIAS

ALVAREZ V., V.H.; NOVAIS, R.F. de; BARROS, N.F. de; CANTARUTTI, R.B.; LOPES, A.S. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. (Ed.). Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5a aproximação. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p.25-32.

- ALVES, M. H. D. et al. Levantamento das propriedades químicas do solo com diferentes usos agrícolas no baixo Amazonas, Pará. *Brazilian Journal of Development*, Curitiba, v. 5, n. 12, p. 28983-28996, 2019.
- ARAGÃO, D. V. et al. Avaliação de indicadores de qualidade do solo sob alternativas de recuperação do solo no Nordeste Paraense- *Acta amazônica* v. 42 n. 1, p 11-18, 2012.
- CARVALHO, M. P. et al. Variabilidade espacial de atributos de um solo sob videira em Vitória Brasil (SP). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.27, p. 695-703, 2003.
- CORRÊA, R. M. et al. Atributos químicos de solos sob diferentes usos em perímetro irrigado no semiárido de Pernambuco. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.33, p.305-314, 2009.
- CRAVO, M. da S. et al. Recomendações de adubação e calagem para o Estado do Pará. Belém-PA: Embrapa Amazônia Oriental, p 262. 2010.
- DORAN, J.W.; JONES, A.J. *Methods for assessing soil quality*. Madison, SSSA, 1996. 410p. (Special, 49)
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. *Manual de métodos de análise de solo*. 2ªed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 230p, 2011.
- EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. *Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes*. 2 ed. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, DF. 627p. 2009.
- FERNANDES, M. S. *Nutrição mineral de plantas*. 1ª ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p 254-273, 2006.
- FERREIRA, S. J. F. et al. Nutrientes no solo em floresta de terra firme cortada seletivamente na Amazônia Central. *Acta Amazônica*, 31(3): p. 381-396, 2001.
- FIALHO, J. S. et al. Indicadores da qualidade do solo em áreas sob vegetação natural e cultivo de bananeiras na Chapada do Apodi CE. *Revista Ciência Agronômica*, v.37, n.3, p.250-257,2006.
- FREITAS, F. O. S.; COSTA, W. S.; SOARES, I. Interação entre cálcio e Magnésio sobre a correção da acidez e disponibilidade de cátions no solo. *Revista Encontros Universitários da UFC*, Fortaleza, v. 2, n. 1, p. 5236, nov. 2017.
- LOPES, A. S. *Manual internacional de fertilidade do solo*. 2.ed. Piracicaba, Potafós, 1998. 177p.
- PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J. W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F.; STEWART, B. A. (Eds.). *Defining soil quality for a sustainable environment*. Madison: Soil Science Society of America, 1994. p. 3-21. (SSSA special publication, 35).
- PREZOTTI, L. C.; MARTINS, A. G. *Guia de interpretação de análise de solo e foliar*. Vitória, ES: Incaper, 2013.

RONQUIM, C. C. Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2010.

SALVIANO, A. A. C. et al. Variabilidade espacial de atributos de solo e de *Crotalaria juncea* L. em área severamente erodida. Revista Brasileira de Ciência do Solo v.22 p. 115-122, 1998.

SOBRAL, L. F.; BARRETO, M. C. de V.; SILVA, A. J. da; ANJOS, J. L. dos. Guia prático para interpretação de resultados de análises de solos. Aracaju, SE: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2015. 15 p. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Documentos, 206).

SPOSITO, G.; ZABEL, A. The Assessment of soil Quality. Geoderma, 114(3/4): p. 143-144, 2003.

SOUZA, Z. M. de; MARQUES JÚNIOR, J.; COOPER, M.; PEREIRA, G. T. Micromorfologia do solo e sua relação com atributos físicos e hídricos. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.41, p.487-492, 2006.

VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J. Uma visão sobre qualidade do solo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 33, n. 04, p. 743-755, 2009