

Parâmetros indicativos de qualidade da água e solo em área de agricultura na região de Tailândia, PA

O uso indiscriminado dos recursos naturais foi uma consequência do aumento da demanda por alimentos e continua tendo resultados catastróficos na qualidade da água e solo, recursos essenciais para a manutenção da vida. O objetivo do estudo foi avaliar os atributos do solo e os parâmetros físico-químicos de qualidade da água na época de estiagem em áreas agrícolas do município de Tailândia, Pará. O estudo foi conduzido em duas propriedades agrícolas enquadradas em média (monocultura/milho) e pequena (agricultura familiar) propriedade. Foram coletados amostras de solo e água. Nas amostras de solos foram determinados os atributos físico-químicos: textura, pH, MO, K, P, Al, t, T, Mg, Ca, Mn, Fe, Cu, Zn, m%, H+Al, V%; e na água: pH, CD, OD e turbidez. Foram verificadas potenciais fontes de poluição no uso de insumos agrícolas e a falta adequada de infraestrutura dos poços. Quanto à qualidade das águas, poço e reservatório foram enquadradas como Classe 1 e Classe 3, mas não satisfazem com qualidade seu uso principalmente pela desconformidade com pH, CE e OD. Os solos estudados apresentam textura média. O pH do solo e a matéria orgânica foram os indicadores de qualidade do solo mais representativos das áreas estudadas. Os solos tiveram baixos teores de K e o P, e altos teores de micronutrientes, com destaque o Fe. O manejo das áreas agrícolas contribuiu para o surgimento de processos erosivos, concluindo-se que nas duas propriedades foram reveladas reduzida qualidade do solo e água e a necessidade de monitoramento ao longo de tempo desses parâmetros.

Palavras-chave: Atributos físico-químicos; Impacto ambiental; Monitoramento ambiental.

Indicative parameters of water and soil quality in agriculture area in the region of Thailand, PA

The indiscriminate use of natural resources was a consequence of the scenario of increased demand for food and which continues to have catastrophic results in the quality of water and soil, essential resources for the maintenance of life. Thus, the objective was to evaluate the quality of water and soil in an agricultural area in the municipality of Thailand-PA, through physical-chemical diagnoses. Two properties were evaluated, an average of monoculture of corn and a small one of family farming, where soil, water and productive data were collected. The soils were determined: silt, clay and sand content, pH, MO, K, P, Al, t, T, Mg, Ca, Mn, Fe, Cu, Zn, m%, H + Al, V%; and in water: pH, CD, OD and turbidity. Potential sources of pollution were verified in the use of agricultural inputs and the lack of well infrastructure. As for the quality of the water, the well and reservoir were classified as Class 1 and Class 3, but they do not satisfy their use with quality, mainly due to non-compliance with pH, CE and OD. Soil pH and organic matter were the most representative indicators of soil quality in the studied areas. The soils had low levels of K and P, and high levels of micronutrients, especially Fe. The soil has a medium texture. The management of agricultural areas contributed to the emergence of erosive processes, concluding that in both properties, reduced soil and water quality were revealed and the need for monitoring these parameters over time.

Keywords: Physico-chemical quality; Environmental impact; Monitoring.

Topic: **Desenvolvimento, Sustentabilidade e Meio Ambiente**

Received: **25/06/2021**

Approved: **26/07/2021**

Reviewed anonymously in the process of blind peer.

Andreza Pereira de Almeida

Universidade Federal Rural da Amazônia, Brasil

<http://lattes.cnpq.br/0734269886824838>

eng.andrezaalmeida@gmail.com

Bruna Oliveira Ferreira

Universidade Federal Rural da Amazônia, Brasil

<http://lattes.cnpq.br/2563252453389975>

brunamazonia@gmail.com

Regilene Angélica da Silva Souza

Universidade Federal Rural da Amazônia, Brasil

<http://lattes.cnpq.br/0574812911676652>

regilenesouza@yahoo.com.br



DOI: 10.6008/CBPC2318-2881.2021.003.0013

Referencing this:

ALMEIDA, A. P.; FERREIRA, B. O.; SOUZA, R. A. S.. Parâmetros indicativos de qualidade da água e solo em área de agricultura na região de Tailândia, PA. **Nature and Conservation**, v.14, n.3, p.153-165, 2021. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2318-2881.2021.003.0013>

INTRODUÇÃO

O processo de expansão do setor agrícola para atender as demandas da sociedade moderna teve, como consequências, inúmeros impactos sobre ambientes protegidos que vem provocando a degradação dos recursos naturais e conflitos. O uso sustentável dos recursos naturais tem-se constituído em tema de crescente relevância, em razão do aumento das atividades antrópicas e da falta de práticas de exploração dos recursos naturais que aliam princípios de preservação e conservação do meio ambiente, principalmente do solo e da água.

No Brasil, o aumento da área plantada tem ocorrido principalmente na região norte, a começar da região central brasileira, atingindo diretamente o ecossistema frágil que corresponde à Floresta Amazônica. Esse aumento tem gerado impactos socioambientais que vão desde queimadas nas áreas da floresta para a expansão de áreas plantadas à modificação da utilização da terra e a centralização latifundiária, entre outros (DOMINGUES et al., 2012).

No estado do Pará a agricultura encontra-se em expansão, com ampliação da área plantada e a introdução de novas culturas agrícolas. Dentre os municípios paraenses, Tailândia destaca-se, principalmente com a cultura do dendê. O município pertence à mesorregião do nordeste paraense, tem uma área de 4.430,222 km² e densidade populacional de 17,90 hab/km² (IBGE, 2017). Tailândia esteve durante muitos anos entre os municípios com as taxas mais elevadas de desmatamento no estado do Pará e região amazônica, segundo dados do INPE/PRODES (2018) aproximadamente 50% da área do município foi desmatada.

A intensificação da produtividade agrícola em áreas de alta fragilidade ecológica como o bioma amazônico, pode resultar em processos de degradação do solo e contaminação dos recursos hídricos, ocasionando a perda da capacidade produtiva. Para compensar o desequilíbrio produtivo, os agricultores aumentam o aporte de agroquímicos (adubos e agrotóxicos), para aumentar a quantidade de nutrientes no solo, no intuito de atender as demandas do mercado (IBGE, 2012), devido a esse fator a atividade agrícola é um dos responsáveis por aumentar a degradação do solo e da água (MERTEN et al., 2002).

O conhecimento das alterações nos atributos do solo, causado pelo cultivo contínuo, fornece subsídios para a adoção de práticas de manejo que permitam incrementar o rendimento das culturas, a contínua sustentabilidade e conservação dos ecossistemas (OLIVEIRA et al., 2015). Diante do exposto, o objetivo do estudo foi avaliar os atributos do solo e os parâmetros físico-químicos de qualidade da água na época de estiagem em áreas agrícolas do município de Tailândia, Pará.

METODOLOGIA

Caracterização da área do estudo

O estudo foi desenvolvido em duas propriedades rurais localizadas no município de Tailândia, mesorregião do nordeste paraense, na microrregião de Tomé-Açu. O município possui uma área de 4.430,222 km² e está situado nas coordenadas 02°56'22" S e 48°57'03" W. Não apresenta variações

altimétricas expressivas e o principal rio da região é o Acará que nasce na Serra dos Coroados ao sul e vai até ao norte do município.

A vegetação ocorre na forma de Floresta Equatorial Latifoliada de terra firme, apresentando como subtipo a Floresta Densa dos Baixos Platôs. A precipitação média anual é de 2076,4 mm com 139 dias de precipitação e regime térmico elevado de temperatura média anual de 26,7°C. Os solos da região, predominante, são: Latossolo Amarelo, Argissolo Amarelo e os Plintossolos. Caracterizados por apresentar baixa fertilidade, pH ácido e textura variando de média a argilosa (RODRIGUES et al., 2005).

As principais atividades econômicas na região são a pecuária de corte, extração madeireira, agricultura de subsistência e culturas de exportação, como exemplo o óleo de palma. Para o estudo foram selecionadas duas propriedades distintas no tamanho e sistema de produção para efeito comparativo, portanto tem-se a propriedade 1 (P1) de um médio produtor e propriedade 2 (P2) do pequeno produtor. As propriedades são equidistantes em 5065,4 m uma da outra (Figura 1).

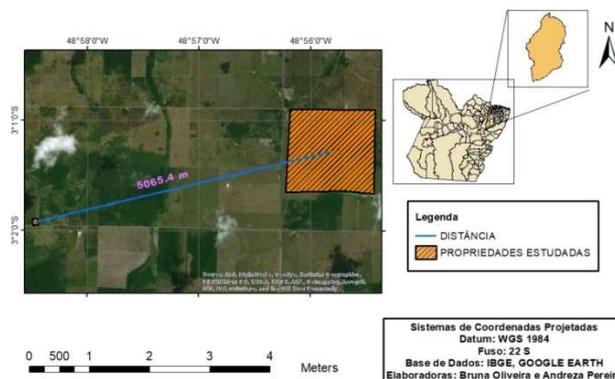


Figura 1: Mapa de localização das propriedades estudadas, Tailândia-PA.

Amostragem e análise de água

A amostragem de água foi realizada nas duas propriedades no período de estiagem. Em cada propriedade a amostragem foi realizada em dos pontos conforme descrito na Tabela 1.

Tabela 1: Descrição dos pontos de amostragem de água nas propriedades estudadas.

Propriedade	Amostragem	Latitude	Longitude	Localização
P1Po	Poço	0729559	9666468	Residência do caseiro
P1Re	Reservatório	0730237	9665158	Água represada na área de plantio
P2Po1	Poço	0725077	9664641	Residência do proprietário
P2Po2	Poço	0724903	9664929	Área de plantio

Em campo foram mensurados: oxigênio dissolvido (mg L^{-1}), a saturação por oxigênio (%) e pH, as medidas foram realizadas com a utilização de um oxímetro e um peagâmetro, respectivamente. Para análise das variáveis de turbidez e condutividade eletrolítica foram coletadas amostras de 1L de água superficialmente. O armazenamento e transporte foram realizados conforme as diretrizes da CETESB, ANA (2011) e da NBR 9898 (ABNT, 1987). As determinações foram realizadas no Laboratório de Química da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) com os equipamentos: turbidímetro e condutivímetro. Com os resultados, os valores foram relacionados aos padrões e condições estabelecidos na Resolução do CONAMA n° 357 de 2005.

Amostragem e análise dos atributos do solo

Para amostragem do solo, foi utilizado como critério dentro da propriedade o tempo e a intensidade de uso, portanto cada propriedade foi dividida em duas áreas de amostragem. Como referência foi realizado coleta de solo em uma área de floresta secundária localizado na propriedade 1.

Tabela 2: Descrição das áreas amostradas, Tailândia-PA.

Área	Descrição do local	Latitude	Longitude
Propriedade 1			
P1A1	Plantio de milho e lote mais usado	729588	9666426
P1A2	Plantio de milho e lote mais recente	729741	9665488
P1A3	Área de reserva legal/Referência vegetação secundária	729720	9665969
Propriedade 2			
P2A4	Plantio de macaxeira e lote mais usado	7125158	9664652
P2A5	Plantio de maracujá e lote mais recente	724908	9664930

Os solos foram coletados nas profundidades 0 – 20 e 20 – 40 cm para a determinação dos atributos físicos e químicos. Foram determinados os atributos químicos: pH, Ca, Mg, Al, P, K, Na, Fe, Zn, Cu, Mn matéria orgânica; e físicos: granulometria. As análises foram realizadas no Laboratório de Solos da Embrapa Amazônia Oriental, de acordo com as metodologias da Embrapa (2011) e IAC (2009). De posse dos resultados de granulometria foi realizado a classificação textural dos solos avaliados. Com os dados dos atributos químicos foram calculados: soma de bases (SB), CTC a pH 7,0, CTC efetiva, saturação por bases (V%) e a saturação de alumínio (m%). Os resultados obtidos foram comparados aos utilizados como valores de referência para nutrientes no solo, classificando-os em baixos, médios e altos, de acordo com Embrapa (2016) e manuais de interpretação e avaliação de análises de solos disponíveis (CFSEMG, 1999; IAC, 2001).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização das propriedades estudadas

De acordo com a Lei 8.629 de 25 de fevereiro de 1993 e módulo fiscal definido pelo INCRA em 2013 para o município de Tailândia, as propriedades estudadas podem ser enquadradas como: propriedade 1 – média e a propriedade 2 – pequena ou micro. A propriedade 1 possui uma área de 251,09 ha, onde mantém uma monocultura de milho, com tempo de uso de cinco anos. Detém um sistema mecanizado de produção, utilizando tratores culturais com uso de calagem, fertilizantes, herbicidas, aração e gradagem.

A propriedade 2 tem uma área de 1,18 ha, culturas diversificadas e tempo de uso de vinte e cinco anos. O trabalho é manual e familiar, sendo enquadrado como agricultura familiar. Utiliza dos tratores culturais como queima e aplicação de herbicidas, adubação com esterco bovino e resíduos vegetais. Em comum, os proprietários fazem usos dos produtos: DMA, com princípio ativo de 2,4D, Atrazina, Roundup, o glifosato, e Tordon, com princípio ativo de 2,4 D e Picloram, todos sendo herbicidas sistêmicos.

Parâmetros físico-químicos da água

Os poços das propriedades estudadas apresentam uma estrutura rústica e sem vedação adequada. Conforme Stukel et al. (1990) e Foster et al. (2006, citado por OLDONI, 2015), a falta de estrutura adequada

pode se tornar uma fonte de contaminação, considerando a imensa susceptibilidade no meio rural de ocorrência de doenças de veiculação hídrica. O reservatório e os poços nunca foram submetidos a nenhuma avaliação de qualidade da água, nas duas propriedades.

Para o reservatório, o diagnóstico visual identificou a presença de resíduos na margem, formação de lodo na superfície da água e formação de bolhas, sugerindo que o reservatório se encontra em condições anaeróbias e os produtos da decomposição da matéria orgânica causam maus odores. Tais observações colocam o reservatório fora do padrão e condições estabelecidas pela Resolução do CONAMA nº 357/2005, quanto à presença de materiais flutuantes, espumas não naturais, resíduos sólidos e odor.

Os valores de turbidez variaram nos poços artesianos entre 0,81 a 1,80 UNT, enquanto no reservatório foi encontrado um valor de 4,03 UNT (Tabela 3), as águas subterrâneas, geralmente têm baixos valores de turbidez devido ao efeito filtro do solo (FEITOSA et al., 2000; OBIEFUNA et al., 2011). O valor mais elevado de turbidez no ponto P1Re pode ser atribuído aos processos de erosão dos solos adjacentes, ricos em sólidos em suspensão. O diagnóstico visual confirma a presença de sedimentos na superfície do reservatório.

Tabela 3: Caracterização físico-química da água dos poços e reservatório das propriedades estudadas e valores de referência de acordo com Legislação/Norma vigente.

Variáveis	Legislação/Norma	Referência	Valor aferido			
			P1Po	P1Re	P2Po1	P2Po2
Turbidez (μT)	Portaria nº05/2017	<5,0	0,81	4,03	1,80	1,40
pH	CONAMA nº357/2005	6,0 a 9,0	3,10	3,90	3,55	3,20
OD(mg.L^{-1})	CONAMA nº357/2005	>6 (C1)	5,0	5,8	4,8	4,0
		>4 (C3)				
OD /Saturação(%)	Fiorucci; Filho (2005)	10-60%	63,2	78,2	67,0	43,0
CE (μS)	CETESB (2009)	<0,100 μS	15,9	5,7	12,8	8,3
Gosto e odor (intensidade)	Portaria nº 05/2017	<6	2	4	2	2

*C1 – Classe 1- águas que podem ser destinadas: a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; b) à proteção das comunidades aquáticas; c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Res. CONAMA no 274/2000; C3- Classe 3 – águas que podem ser destinadas: a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; b) à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; c) à pesca amadora; d) à recreação de contato secundário; e e) à dessedentação de animais.

Por meio dos resultados de turbidez, constatou-se uma pequena variação entre os pontos amostrados, com exceção do P1Re (4,03 μT). Os valores encontrados estão dentro do permitido pela Portaria nº 05/2017, referente à potabilidade para consumo humano para padrões organolépticos de análise.

Cavenaghi et al. (2003) estudando a qualidade da água em reservatórios encontrou valores de turbidez de 7,43 UNT no período de estiagem, sendo esse valor inferior aos identificados no período chuvoso (58,05 UNT). No período de estiagem a quantidade de sólidos em suspensão é menor, conseqüentemente os valores de turbidez serão menores em relação à época chuvosa (CHAGAS, 2015), o que corrobora com os resultados obtidos no presente estudo. Duarte Júnior (2017) questionou a confiabilidade de dados obtidos sob esta circunstância.

Os valores de pH encontrados estiveram em torno de 3,1 a 3,9. Observou-se pouca variação entre os ambientes amostrados (água superficiais e subterrâneas), apresentando pH ácido. Os valores de pH

estão fora do padrão de aceitação da Resolução do CONAMA n° 357/2005 para águas doces das classes 1 e 3, mostrando que tem acidez elevada para consumo humano. Em suma, devido ao pH, pode ocorrer corrosão de estruturas de saneamento e dos órgãos internos humanos e ser prejudicial para a vida aquática (FUNASA, 2014).

Os valores baixos de pH detectados na água dos poços podem ser explicados pela presença de CO₂ dissolvido, que geralmente é maior em águas subterrâneas e possui uma correlação com este parâmetro. Resultados semelhantes foram encontrados por Zuliani (2003), Souza (2004) e Nozaki et al. (2014). No caso do reservatório, a acidez da água pode ser explicada pela quantidade de matéria orgânica na água, consequência da decomposição dos resíduos vegetais. Estudos tem demonstrado que na região amazônica as águas superficiais geralmente são ácidas em virtude da presença de ácidos húmicos, consequência da decomposição da matéria orgânica, e das altas temperaturas que favorecem este processo (ALMEIDA et al., 2003).

Os valores aferidos de OD (mg L⁻¹) das amostras P1Po (5,0 mg L⁻¹), P2Po1 (4,72 mg L⁻¹) e P2Po2 (4,0 mg L⁻¹) estão dentro dos padrões aceitáveis de oxigênio dissolvido para águas de Classe 1 já a amostra P1Re, com o valor de 5,84 mg L⁻¹ encontra-se fora do parâmetro de Classe 3, como água usada para fins agrícolas de irrigação de forrageiras e cearelíferas, como o milho. Naturalmente, os valores de OD variam de acordo com a pressão atmosférica, temperatura e quantidade de sais presentes, a variação climática e a atividade humana (EMBRAPA, 2001; NOZAKI et al., 2014). O valor de 78,2%, na amostra P1Re de saturação por oxigênio foi considerado fora do aceitável, ultrapassando a percentagem de dentro dos padrões (10%-60%) de manutenção de vida aquática (FIORUCCI et al., 2005).

Os valores de oxigênio disponível podem inferir sobre possíveis processos de eutrofização dos recursos hídricos, em função da diminuição do O₂ devido ao aumento da matéria orgânica no ecossistema aquático (SMITH et al., 2009). O reservatório localizado na propriedade 1 embora tenha a presença de muitas plantas aquáticas e matéria orgânica em decomposição, apresentou nível elevado de OD, sendo possível inferir que este reservatório ainda não se encontra eutrofizado. Nos demais pontos de coleta de água os valores de saturação por oxigênio (%) estiveram ligeiramente acima dos valores mantenedores da sobrevivência aquática, a saber: P1Po: 63%; P2Po1: 67%; e P2Po2: 43%. Apenas o P2Po2 está nos padrões aceitáveis de sobrevivência aquática.

Para a condutividade eletrolítica (CE), foram encontrados valores entre 5,7 e 15,93 µS. De acordo com os parâmetros do CETESB (2009) acima de 0,100 µS pode indicar poluição, indicativo de perda da qualidade da água. A resolução do CONAMA n° 357/2005 não estabelece parâmetros para a CE. Todas as amostras ultrapassaram o valor máximo determinado pela CETESB (2009). Esses resultados indicam um alto teor de sais dissolvidos. Os maiores valores foram determinados na água dos poços, principalmente na propriedade 1.

Os solos estudados apresentam uma textura média que associado a altas precipitações na região e o manejo inadequado do solo pode favorecer a perda de nutrientes por lixiviação e erosão, consequentemente favorecendo o aumento da concentração de sais nas águas superficiais e

subsuperficiais. O período de estiagem também influencia nos valores encontrados, em função do efeito concentração. Para padrões de gosto e odor, considerando a unidade de intensidade de acordo com a roda de Mautone et al. (2004), os poços foram classificados com intensidade 2, que corresponde a clorado, e o reservatório com intensidade 4, que corresponde a pantanoso, séptico, sulfuroso e despejo.

Os valores encontrados para os parâmetros avaliados de qualidade da água nas duas propriedades não tiveram diferença expressivas. Os valores de pH, CE e OD determinados nos poços das propriedades não estão dentro dos padrões de referência para as classes. Esse fato é preocupante visto que não há tratamento da água e existe exposição a possíveis contaminações.

Parte destes indicadores evidencia o impacto das atividades humanas nos recursos hídricos da região, diminuindo drasticamente sua qualidade, dado que, os parâmetros, em geral, são condicionados pelas atividades econômicas ao redor e uso dos recursos. Entretanto, as coletas do presente estudo foram realizadas somente em um período, correspondente ao período de estiagem na região e não correspondem à frequência de análise recomendada pela Portaria 05/2017 do Ministério da Saúde para águas subterrâneas (mensal) e águas superficiais (semanal). Diante dos resultados encontrados sugere um monitoramento temporal e sazonal da qualidade da água na região.

Atributos físicos e químicos do solo

Os solos estudados apresentam uma textura média (Tabela 4). Dentre as frações quantificadas, destaca-se a fração silte como predomínio, variando entre 42 a 48% na camada de 0 – 20 cm, e diminuindo em profundidade. Os teores de areia também apresentam uma diminuição em profundidade, enquanto os teores de argila aumentam na camada de 20 – 40 cm.

Tabela 4: Granulometria e textura do solo das áreas agrícolas e de floresta secundária das propriedades estudadas, em duas profundidades.

Área	Profundidade	Areia	Silte	Argila	Classe textural do solo	Textura
		g kg ⁻¹				
Propriedade 1						
P1A1	0-20	339	421	240	FRANCA	Média
	20-40	310	390	300	FRANCO ARGILOSA	Média
P1A2	0-20	416	484	100	FRANCA	Média
	20-40	387	453	160	FRANCA	Média
P1A3	0-20	390	470	140	FRANCA	Média
	20-40	350	430	220	FRANCA	Média
Propriedade 2						
P2A4	0-20	357	443	200	FRANCA	Média
	20-40	335	425	240	FRANCA	Média
P2A5	0-20	296	424	280	FRANCO ARGILOSA	Média
	20-40	276	404	320	FRANCO ARGILOSA	Média

Os solos de textura média, normalmente apresentam boa drenagem, boa capacidade de retenção de água e índice médio de erodibilidade. De acordo com estudos realizados na região de Tailândia por Rodrigues et al. (2005), os solos que possuem textura média e relevos planos a suaves ondulados são bons para a agricultura, mas deve-se atentar para o manejo conservacionista por conta do alto índice pluviométrico que sugere a ocorrência de erosão hídrica. Essa observação corrobora com os resultados dos

parâmetros de qualidade da água e observações de campo, há indicativos de processos erosivos nas propriedades estudadas pela falta de manejo adequado do solo, com destaque para a propriedade 1, devido ao revolvimento do solo com máquinas agrícola.

Os resultados para pH do solo são apresentados na Tabela 5. As amostras estudadas apresentaram valores de pH entre 5,0 e 6,3, considerando as profundidades (0 – 20 e 20 – 40 cm), as propriedades e a área de floresta. Esses valores de pH classificam os solos como ácidos a pouco ácidos (CFSEMG, 1999). Estudos realizados na região de Tailândia revelam que os solos apresentam pH menor que 5,0, um fator limitante para a produção agrícola (RODRIGUES et al., 2005). Moline et al. (2015) e Cravo et al. (2012) observaram que os valores de pH em superfície relacionado à profundidade nos solos amazônicos possuem pouca variação por ocasião da lixiviação causada pela alta precipitação. A correção da acidez do solo é indispensável para o desenvolvimento da agricultura na região. Essa prática é adotada pelos produtores das duas propriedades, porém com mais afinco na propriedade 1. Não há diferenças expressivas entre as áreas cultivadas, e o pH encontra-se na faixa adequada de disponibilidade de nutrientes.

Tabela 5: Análise do solo das áreas agrícolas e de floresta secundária das propriedades estudadas, em duas profundidades.

Amostra	Profundidade cm	pH	MO	K	Ca	Mg	SB	Al	T	H+Al	T	P	V%	m%
		H ₂ O	g kg ⁻¹	cmol dm ⁻³						mg dm ⁻³		—%—		
Propriedade 1														
P1A1	0-20	6,0	14,1	0,2	1	0,1	1,5	0	2	1,1	3	35	57	21,4
	20-40	5,5	7,3	0,1	1	0,2	1,4	1	2	1,8	3	8	43,5	30,1
P1A2	0-20	5,0	11,3	0,1	2	0,2	1,9	0	2	2,5	4	31	42,8	9,8
	20-40	5,8	6,4	0,1	1	0,2	1,5	0	2	1,7	3	9	45,9	17,1
P1A3	0-20	5,7	15,1	0,1	2	0,7	2,9	0	3	1,6	4	2	63,9	9,6
	20-40	6,3	8,4	0,1	1	0,2	1,3	1	2	1,1	2	1	53,6	32,1
Propriedade 2														
P2A4	0-20	5,0	16	0,1	2	0,4	2,8	0	3	2,6	5	13	51,5	6,8
	20-40	5,7	11,6	0,1	2	0,4	2,0	0	2	2,1	4	4	48,2	13,3
P2A5	0-20	5,5	20,9	0,1	2	0,2	2,3	1	3	2,3	5	8	50	20,7
	20-40	5,5	17,1	0,1	1	0,2	1,3	1	2	2	3	5	39	41,3

Foram encontrados na profundidade de 0 – 20 cm da propriedade 1, incluindo a área de floresta, valores de alumínio trocável menor que 5 cmol dm⁻³, sendo enquadrados como baixos. Para as camadas subsuperficiais observou-se aumento do Al trocável, no P1A1 e P1A3 os valores encontrados forma classificados como médios (≥ 5 cmol dm⁻³). Na propriedade 2, a área 4 apresentou valores de Al trocável baixos (< 3 cmol dm⁻³), enquanto P2A5 apresentou valores médios nas duas profundidades. A correção da acidez do solo com calcário eleva o pH e insolubiliza o Al⁺³, tornando-o inofensivo para as raízes e processos do solo (EMBRAPA, 2016). O alumínio trocável é relacionado à acidez nociva ao solo, e os valores médios identificados na propriedade 2 devem-se a não utilização da prática de calagem regular.

Com relação à acidez potencial, os maiores valores foram encontrados nas áreas de produção da propriedade 2 com valores variando entre 2,6 e 2,3 cmol dm⁻³ na camada superficial (P2A1e P2A2, respectivamente), e de 2,1 e 2,0 cmol dm⁻³ para a camada subsuperficial (P2A1 e P2A2, respectivamente). Para a propriedade 1, incluindo a área de floresta, os valores encontrados estão abaixo de 1, 8 cmol dm⁻³, com exceção do P1A2 na profundidade de 0 – 20 cm (2,5 cmol dm⁻³). De uma forma geral os valores

encontrados estão entre baixo ($\leq 2,50 \text{ cmol dm}^{-3}$) e médio ($> 2,50 \text{ cmol dm}^{-3}$), que podem estar associados à baixa quantidade de matéria orgânica nesse solo, visto que tem relação com as frações ativas da matéria orgânica (CFSEMG, 1999; ANDA, 2004). Moline et al. (2015) observou que solos cultivados tem sua acidez e matéria orgânica reduzidas, se comparados a solos de mata nativa que não sofrem tratamentos culturais intencionais.

De maneira geral, os valores de bases (Ca, Mg e K) foram de médio a baixos, para as áreas agrícola das duas propriedades, incluindo a área de floresta. Os valores médios de Ca foram determinados na camada superficial da propriedade 1 (P1A2 e P1A3) e propriedade 2 (P2A4 e P2A4) ($> 1,6 \text{ cmol dm}^{-3}$). Os valores médios de Mg foram encontrados para P1A2 nas duas profundidades, e para área de floresta na camada superficial ($> 0,4 \text{ cmol dm}^{-3}$). Para Falcão et al. (2010) e Moline et al. (2015) os valores de Ca e Mg são superiores em áreas com altos valores de MO, dos pontos avaliados, essa tendência foi observada para as áreas de floresta secundária e da propriedade 2. Já a propriedade 1 por não fazer uso contínuo de resíduos orgânicos, os aportes de nutrientes ficam limitados às adubações químicas e a calagem.

Para o P foi verificado uma variação de valores entre as propriedades e as profundidades estudadas. Os maiores valores foram encontrados para a propriedade 1, nas camadas superficiais, de 35 e 31 mg dm^{-3} (P1A1 e P1A2, respectivamente), sendo enquadrado com valores adequados, o que se deve a adubação química regular realizada. A propriedade 2 apresentou os menores valores para P, sendo mais expressivo na área mais explorada, apresentado de 13 e 4 mg dm^{-3} , para as profundidades 0 – 20 e 20 – 40 cm, respectivamente. Os menores valores foram observados para área de floresta, o que também foi constatado no estudo de Morais et al. (2015) quando analisou P em solos de floresta comparados a solos cultivados.

Por meio da Tabela 5, constata-se que as áreas avaliadas na propriedade 2 o teor de matéria orgânica foi maior nas duas profundidades em relação aos resultados encontrados na propriedade 1 para as áreas agrícolas, isso é facilmente justificado pelas técnicas de manejo utilizadas na propriedade 1, que são o uso de cobertura morta no solo (palha). Para a camada superficial foram encontrados valores de 16 e 20,9 g kg^{-1} de MO, nas áreas mais manejadas e menos manejadas, respectivamente. A área de floresta apresentou valores intermediário entre as áreas da propriedade 1 e propriedade 2, justificando os valores superiores de bases pela presença de matéria orgânica no solo. De um modo geral os valores encontrados são baixos.

Quanto à soma de base (S) verificou-se que os valores foram médios em todas as camadas superficiais da propriedade 2 (A1 - 2,76 cmol dm^{-3} e A2 - 2,30 cmol dm^{-3}) e área de floresta (2,9 cmol dm^{-3}). Para as áreas agrícolas da propriedade 1, os valores encontrados são baixos. Para a CTC efetiva, os maiores valores desse atributo foram observados na área de floresta e para as áreas agrícolas da propriedade 2, sendo considerados valores médios, com máximo de 3,1 cmol dm^{-3} e mínimo de 1,9 cmol dm^{-3} . Para a CTC a pH 7 a variação entre as áreas estudadas é pequena, e considerada baixa, entretanto as áreas agrícolas da propriedade dois apresentaram valores um pouco maiores.

Os solos são considerados eutróficos em P1A1 (0-20), P1A3, P2A4 (0-20) e P2A5(0-20) e distróficos

nas demais amostras e profundidades. Assim, para o valor V%, os maiores valores desse atributo foram observados para a área de floresta secundária, 63,9% e 53,6%, respectivamente para as profundidades 0 – 20 e 20 – 40 cm. Para as agrícolas, na profundidade de 0 a 20 cm os valores encontrados estão entre 57,0% a 42,8%. A saturação por alumínio (m) foi maior nas duas profundidades para P1A1(21,4% e 30,1%) e P2A2 (20,7% e 41,3%). Observa-se um aumento da saturação de alumínio em profundidade, no entanto os valores são considerados baixos (<30%), com exceção da profundidade de 20 a 40 cm da P2A2 (EMBRAPA, 2015).

Os micronutrientes analisados foram o ferro, cobre, zinco, níquel, e manganês, cujos resultados são apresentados na Tabela 6. O Fe foi o elemento que apresentou os maiores valores, com teores variando de 172 a 528,5 mg kg⁻¹, considerando as duas profundidades, sendo classificados com altos, acima do nível crítico. Os menores teores de Fe foram encontrados na camada de 0 – 20 cm da área de floresta (P1A3=262,11 mg kg⁻¹). De acordo com Rodrigues et al. (2005), a geologia da região de Tailândia é constituída por litologia da Formação Barreiras pertencente ao período terciário constituída por argilas de cores variegadas, vermelhas e presença de concreções ferruginosas, que podem influenciar nos teores de Fe disponível no solo. Cabe ressaltar ainda, os intensos processos de umedecimento e secagem na região devido às altas precipitações e temperaturas favorecendo os processos de oxirredução do Fe e a sua disponibilidade.

Tabela 6: Micronutrientes (Fe, Zn, Cu, Mn) nas áreas agrícolas e de floresta secundária das propriedades estudadas, em duas profundidades.

Área	Prof. Cm	Fe	Zn	Cu	Mn
		mg kg ⁻¹			
Propriedade 1					
P1A1	0-20	528,51	1,26	0,51	8,7
	20-40	489,11	0,67	0,38	4,32
P1A2	0-20	297,19	2,2	0,49	31,5
	20-40	439,39	1,61	0,45	15,42
P1A3	0-20	262,11	1,89	0,33	12,94
	20-40	450,24	1,12	0,31	5,21
Propriedade 2					
P2A4	0-20	172,00	2,07	0,55	10,02
	20-40	320,84	1,49	0,63	5,94
P2A5	0-20	509,46	1,63	0,86	6,12
	20-40	539,99	1,18	0,91	4,88

Os valores de Zn variam de 1,26 a 2,07 mg kg⁻¹ na profundidade de 0 – 20 cm, para as áreas agrícolas e floresta, sendo enquadrados de médio a bom. Fadigas et al. (2006) considerou estes valores de Zn para solos não poluídos e Morais et al. (2015) observou valores aproximados deste máximo para mata nativa e de 0 a 1 para áreas cultivadas. Os valores de Zn decrescem com a profundidade, portanto, os valores aferidos são adequados ao uso do solo para plantio. Quanto ao elemento Cu, os menores valores foram detectados na área de floresta (0,33 e 0,31 mg kg⁻¹), classificando-o como baixo, e os maiores valores foram determinados na área de plantio de maracujá e mais recentemente manejado (0,86 e 0,91 mg kg⁻¹), classificando-o como médio, o que decorre do uso recente de agrotóxicos e fertilizantes (P2A5). Com relação ao Mn, os teores variaram entre 6,12 a 31,50 mg kg⁻¹ na camada superficial, decrescendo em

profundidade, e enquadrados entre médios e altos teores, incluindo a área de floresta. Os maiores valores foram encontrados nas áreas agrícola da propriedade 1, enquanto os menores valores foram observados na propriedade 2 para área menos manejada.

De uma forma geral, houve variações nos teores de nutrientes entre as áreas agrícolas, com destaque para as áreas da propriedade 1, sem muitas oscilações entre o tempo de uso e a intensidade do manejo. Os resultados encontrados para a área de floresta secundária estiveram entre os valores encontrados para as áreas agrícolas, sem diferença expressiva. O uso de fertilizantes/adubação química na propriedade 1 e o manejo da adubação orgânica com uso de esterco na propriedade 2 incrementam os teores dos micronutrientes no solo, o que corrobora com a conclusão sobre os valores superiores de micronutrientes no solo que Morais et al. (2015) observou em áreas de cultivadas no Rio Grande do Norte quando analisou solos de floresta e solos cultivados.

Também, o manejo das áreas agrícolas estudadas tem contribuído para o surgimento de processos erosivos que ultrapassam os níveis naturais, os quais desencadeiam remoção e transporte de sedimentos que carregam nutrientes do solo, causando prejuízos à agricultura (GUERRA et al., 2013). Além disso, foi constatado para a área de referência (fragmento de floresta secundária) que houve efeito de borda, visto que os parâmetros aferidos não tiveram diferença expressiva entre si.

Silva et al. (2011, citado por MELO et al., 2017) afirmaram que as práticas agrícolas que promovem alterações químicas, em suma na superfície do solo tem intensidade proporcional ao uso de máquinas para alterações na qualidade do solo, portanto, considerando que a propriedade 1 faz uso destes dois meios e a propriedade 2 usa defensivos agrícolas químicos ambas promovem alterações na qualidade do solo e isso interfere na produtividade agrícola.

CONCLUSÕES

As águas analisadas foram enquadradas na Classe I e Classe III, mas não satisfazem com qualidade seu uso principalmente pela desconformidade com pH, CE e OD e saturação por oxigênio. O pH do solo e a matéria orgânica foram os indicadores de qualidade do solo mais relevantes das áreas estudadas e podem se relacionar como os demais atributos avaliados, junto às bases e a acidez trocável e potencial. Os micronutrientes apresentaram valores altos, exceto Zn e Cu com destaque para o Fe, ocasionado pelo processo de formação do solo e técnicas de manejo. Em grande parte dos parâmetros de solos não houve diferença expressiva. Os parâmetros físicos e químicos avaliados no solo e na água das duas propriedades estudadas revelam reduzida qualidade do solo e da água e a necessidade de monitoramento ao longo de tempo desses parâmetros, contemplando mais parâmetros físico-químicos de qualidade da água e solo, monitoramentos de compostos orgânicos derivados dos herbicidas usados na região, e inclusão de mais propriedades agrícolas no estudo.

REFERÊNCIAS

- DOMINGUES, M. S.; BERMANN, C. O.. O arco de desflorestamento na Amazônia: da pecuária à soja. **Revista Ambient. Soc.** São Paulo, v.15, n.2, p.1-22, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1414-753X2012000200002>
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Informações completas do município de Tailândia, PA.** IBGE, 2017.
- MERTEN, G. H.; MINELLA, J. P.. Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura. **Agroecol. e Desenvol. Rur. Sustent.** Porto Alegre, v.3, n.4, 2002.
- OLIVEIRA, I. A.; CAMPOS, M. C. C.; FREITAS, L.; SOARES, M. D. R.. Caracterização de solos sob diferentes usos na região sul do Amazonas. **Acta Amaz.**, v.45, n.1, p.1-12, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/1809-4392201400555>
- RODRIGUES, T. E.; SILVA, J. M. L.; SILVA, B. N. R.; VALENTE, M. A.; GAMA, J. R. N. F.; SANTOS, E. S.; ROLLIM, P. A. M.; PONTE, F. C.. **Caracterização e classificação dos solos do município de Tailândia, Estado do Pará.** Belém: Embrapa Amazônia, 2005.
- COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo.** São Paulo: CETESB, 2009.
- ANA. Agência Nacional das Águas. **Guia Nacional de coletas e preservação de amostras.** Brasília: ANA, 2011.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 9898:** Preservação das técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores. Rio de Janeiro: ABNT, 1987.
- CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 357 de 200.** Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. CONAMA, 2005.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de Métodos de Análises de Solo.** Embrapa Solos, 2011.
- INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS. **Métodos de Análise Química, Mineralógica e Física de Solos do Instituto Agronômico de Campinas.** 2009.
- ALVAREZ, V. V. H.; RIBEIRO, A. C.. Calagem. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V. V. H.. **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais.** Viçosa, 1999.
- COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Relatório de Qualidade de águas interiores do estado de São Paulo.** São Paulo: CETESB, 2009.
- INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS. **Interpretação de análises de solo.** IAC, 2009.
- BRASIL. **Lei nº 8.629, de 25 de fevereiro de 1993.** Dispõe sobre a regulamentação dos dispositivos constitucionais relativos à reforma agrária, Previstos no capítulo III, Título VII, da Constituição Federal. Brasília: DOU, 1993.
- STUKEL, T. A.; GREENBERG, E. R.; DAIN, B. J.; REED, F. C.; JACOBS, N. J.. A longitudinal study of rainfall and coliform contamination in small community drinking water supplies. **Environ Sci Technol**, v.24, p.571-575, 1990. DOI: <https://doi.org/10.1021/es00074a610>
- FOSTER, S.; HIRATA, R.; GOMES, D.; D'ELIA, M.; PARIS, M.. **Proteção da Qualidade da água Subterrânea.** São Paulo, 2006.
- OLDONI, M. L.. **Levantamento da quantidade e características dos poços tubulares profundos do município de Seara.** Monografia (Pós-Graduação em Gestão Ambiental) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2015.
- FEITOSA, F. A. C.; MANOEL FILHO, J.. **Hidrogeologia:** Conceitos e Aplicações. Fortaleza, 2000.
- OBIEFUNA, G. I.; SHERIFF, A.. Assessment of Shallow Ground Water Quality of Pindiga Gombe Area, Yola Area, NE, Nigeria for Irrigation and Domestic Purposes. **Research Journal of Environmental and Earth Sciences**, v.3, p.131-141, 2011. DOI: <https://doi.org/10.5902/22361170>
- DUARTE JÚNIOR, F. S. G.. **Influência da estiagem prolongada na qualidade de água tratada:** avaliação com número fuzzy triangular na Bacia do Banaiubú. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.
- CHAGAS, D. S.. **Relação entre concentração de sólidos suspensos e turbidez da água medida com sensor de retroespalhamento óptico.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2015.
- BRASIL. **Portaria nº 05 de 28 de setembro de 2017.** Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. Ministério da Saúde, 2017.
- FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. **Manual de Controle da Qualidade da Água para Técnicos que Trabalham em ETAS.** Brasília: Funasa, 2014.
- ZULIANI, D. Q.. **Balanco geoquímico em plantações de eucalipto e caracterização de águas superficiais próximas a depósito de lixo:** estudos de casos. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2003.
- SOUZA, R. A. S.. **Avaliação das frações de fosfato como indicadores de eutrofização de águas superficiais.** Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.
- NOZAKI, C. T.; MARCONDES, M. A.; LOPES, F. A.; SANTOS, K. F.; LARIZZATTI, P. S. C.. Comportamento temporal de oxigênio dissolvido e pH nos rios e córregos urbanos. **Atlas de Saúde Ambiental**, v.2, n.1, 2014.
- ALMEIDA, M. A. B.; SCHWARZBOLD, A.. Avaliação sazonal da

qualidade das águas do Arroio da Cria Montenegro, RS com aplicação de um índice de qualidade de água (IQA). **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.8, n.1, 2003.

CORDEIRO, G. G.. **Qualidade de água para fins de irrigação**: conceitos básicos e práticos. Embrapa Semi-Árido, 2001.

FIORUCCI, A. R.; BENEDETTI FILHO, E.. A importância do oxigênio dissolvido em ecossistemas aquáticos. **Química Nova na Escola**, n.22, 2005.

SMITH, V. H.; SCHINDLER, D. W.. Eutrophication science: where do we go from here. **Trends in Ecology and Evolution**, v.24, n.4, p.201-207, 2009.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tree.2008.11.009>

MOLINE, E. F. V.; COUTINHO, E. L. M.. Atributos químicos de solos da Amazônia Ocidental após sucessão da mata nativa em áreas de cultivo. **Rev. Cienc. Agrar.**, v.58, n.1, p.14-20, 2015.

CRAVO, M. S.; SMYTH, T. J.; BRASIL, E. C.. Calagem em latossolo amarelo distrófico da Amazônia e sua influência em atributos químicos do solo e na produtividade de culturas anuais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.36, n.3, p.895-908, 2012. DOI: <https://doi.org/10.4322/rca.1683>

EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL. **Mapa de aptidão agrícola das áreas alteradas do Estado do Pará**. Embrapa Solos, 2016.

ANDA. Associação Nacional Para Difusão De Adubos. **Sistema Plantio Direto**: bases para o manejo da Fertilidade do Solo. São Paulo: ANDA, 2004.

FALCÃO, N. P. S.; MOREIRA, A.; COMERFORD, N. B.. A fertilidade dos solos de Terra Preta de Índio da Amazônia Central. In: TEIXEIRA, W. G.; KERN, D. C.; MADARI, B. E.; LIMA, H. N.; WOODS, W.. As Terras Pretas de Índio da Amazônia: sua caracterização e uso deste conhecimento na

criação de novas áreas. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2010.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Recomendações para correção de acidez no solo para cana-de-açúcar no Cerrado**. Planaltina: EMBRAPA, 2015.

FADIGAS, F. S.; SOBRINHO, N. M. B. A.; MAZUR, N.; ANJOS, L. H. C.; FREIXO, A. A.. Proposição de valores de referência para a concentração natural de metais pesados em solos brasileiros. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.3, 2006, p.699-705. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662006000300024>

MORAIS, E. R. C.; MAIA, C. E.; GAUDÊNCIO, H. R. S. C.; SOUSA, D. M. M.. Indicadores da qualidade química do solo em áreas cultivadas com mamoeiro irrigado. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.**, v.19, n.6, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n6p587-591>

GUERRA, A. J. T.; JORGE, M. C. O.. **Degradação dos Solos no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2014.

SILVA, R. C. S.; ALMEIDA, J. C. R. A.; BATISTA, G. T. B.; FORTES NETO, P.. **Os indicadores físicos, químicos e biológicos da qualidade do solo e da sustentabilidade dos ambientes naturais**. 2011.

MELO, V. F.; SILVA, D. T.; EVALD, A.; ROCHA, P. R. R.. Qualidade química e biológica do solo em diferentes sistemas de uso em ambiente de savana. **Revista Agro@ambiente**, v.11, n.2, p.101-110, 2017.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Mapa de aptidão agrícola das áreas alteradas do Estado do Pará**. Embrapa Solos, 2016.

MAUTONE, C.; KAZUKO, M.. **Apostila para curso de análise sensorial**. São Paulo, 2004.

A CBPC – Companhia Brasileira de Produção Científica (CNPJ: 11.221.422/0001-03) detém os direitos materiais desta publicação. Os direitos referem-se à publicação do trabalho em qualquer parte do mundo, incluindo os direitos às renovações, expansões e disseminações da contribuição, bem como outros direitos subsidiários. Todos os trabalhos publicados eletronicamente poderão posteriormente ser publicados em coletâneas impressas sob coordenação da **Sustenere Publishing**, da Companhia Brasileira de Produção Científica e seus parceiros autorizados. Os (as) autores (as) preservam os direitos autorais, mas não têm permissão para a publicação da contribuição em outro meio, impresso ou digital, em português ou em tradução.