

Fertilidade do solo de um horto as margens do rio Inhangapi e os impactos qualitativos sob o corpo hídrico

Soil fertility in a city garden on the banks of the Inhangapi River and the qualitative impacts on the water body

Valdeci Junior Fonseca Pinheiro¹; Diego Fabrício Santa Rosa Cardoso²; Emerson Renato Maciel da Silva³; Ivan Carlos da Costa Barbosa⁴

¹Graduando do Curso de Agronomia, Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, Pará, +55 91 99100-1936, valdecijr04091997@gmail.com. ²Graduando do Curso de Agronomia, Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, Pará, diicardoso18@gmail.com. ³Graduado em Engenharia Ambiental e Energias Renováveis, Mestrando em Ciências Ambientais, Universidade Federal do Pará, Belém, Pará, emersonrvs255@gmail.com. ⁴Mestrado em Química Analítica, Docente na Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, Pará, ivan.barbosa1212@gmail.com.

ARTIGO

Recebido: 27/02/2020
 Aprovado: 11/06/2020

Palavras-chave:
 Ciência do solo
 Físico-química
 Recursos Hídricos

Key words:
 Soil science
 Physicochemical
 Water resources

RESUMO

A qualidade do solo proporciona funções indispensáveis a vida e a fertilidade relacionada ao mínimo do dano ao ecossistema, sustenta uma atividade agrícola permanente. Portanto, objetivou-se averiguar a qualidade físico-química do solo do horto municipal de Inhangapi, no estado do Pará, e possíveis alterações qualitativas em um trecho do rio Inhangapi. Foram realizadas amostragens em períodos de diferentes regimes pluviométricos de acordo com o Instituto Nacional de Meteorologia, a fim de identificar a influência das chuvas nos parâmetros avaliados. Posteriormente, foram realizadas análises físico-químicas no Laboratório do Centro de Tecnologia Agropecuária localizado na Universidade Federal Rural da Amazônia. Com as análises físico-químicas do solo foi verificado que há necessidade de práticas conservacionistas que visem melhorar a área de cultivo, através de calagem, consórcio com leguminosas para melhor aporte de nitrogênio e mantendo a cobertura do solo para evitar erosão e lixiviação e uso de compostagem com o intuito de melhorar o aporte de matéria orgânica e melhorar a retenção de água, uma vez que o solo é arenoso. Também foi aplicado o protocolo de avaliação rápida do corpo hídrico em um trecho do rio. São necessários maiores cuidados no trecho do rio onde foi aplicado o protocolo, como uso de mata ciliar no auxílio para o problema de assoreamento do leito do rio acarretando na proteção hídrica da área próxima.

ABSTRACT

Soil quality provides essential functions for life and fertility related to minimal damage to the ecosystem, sustains a permanent agricultural activity. This work aims to investigate the physical-chemical quality of the soil in the municipal garden of Inhangapi, in the state of Pará, and possible qualitative changes in a stretch of the Inhangapi River. Sampling was carried out in periods of different rainfall patterns according to the National Institute of Meteorology, in order to identify the influence of rainfall on the evaluated parameters. Subsequently, physical-chemical analyzes were performed at the Laboratory of the Agricultural Technology Center located at the Federal Rural University of the Amazon. With the physical-chemical analyzes of the soil it was verified that there is a need for conservationist practices that aim to improve the cultivation area, through liming, consortium with legumes for better nitrogen supply and maintaining the soil cover to avoid erosion and leaching and use of composting in order to improve the supply of organic matter and improve water retention, since the soil is sandy. The rapid water body assessment protocol was also applied to a stretch of the river. Greater care is needed on the stretch of river where the protocol was applied, such as the use of riparian forest to help with the silting up of the river bed, resulting in water protection in the surrounding area.

INTRODUÇÃO

O manejo correto do solo voltado à qualidade dos alimentos é essencial aos cidadãos consumidores. De acordo com o Boaretto e Natale (2016), há necessidade do monitoramento prévio da fertilidade do solo, bem como o acompanhamento do estado nutricional da lavoura. O reparo das utilidades ecológicas do solo, a eficácia e os serviços de regulação, assim como a prevenção de futuras degradações, podem ser obtidas junto a práticas de manejo adequadas (ALAOUI et al.; 2020).

As funções fundamentais do solo, relacionado à manutenção da vida, abrangem uma diversidade de seres vivos, tal como minhocas, fungos e microrganismos aptos para decompor a matéria orgânica, contribuindo para a conservação das suas propriedades físicas, salvo sua fertilidade (VEZZANI; MIELNICZUK, 2009). O uso mais eficaz e racional do solo é relacionado necessariamente em conhecer bem seus atributos, e a partir disso propor técnicas de manejo mais adequadas para as condições locais (AZEVEDO; BUENO, 2016).

A qualidade dos alimentos depende de um bom manejo agrícola que acarrete positivamente na nutrição das culturas. Segundo Fontes (2014), esta nutrição envolve uma área abrangente que vai do nível de molécula, célula, tecido, órgão e chega à planta inteira. Além disso, compreende aspectos ecológicos, fisiológicos, bioquímicos e genéticos da nutrição do vegetal, sendo fundamentais as análises químicas para fins de fertilidade e pedológicos.

Junto à eliminação da vegetação natural e o cultivo, as características químicas dos solos são significativamente transformadas, sobretudo na camada arável, em decorrência da adição de corretivos e fertilizantes e de procedimentos agrícolas (FREITAS et al., 2017). Outrossim, a abertura de novas áreas destinadas à agricultura causa excessiva redução no teor de matéria orgânica depositada nas camadas superficiais do solo. Isto gera alterações negativas na disponibilidade de nutriente, que associada a um manejo inadequado diminui a capacidade de produção de culturas (COUTINHO; DA VEIGA, 2015).

Sobre contaminação de água, Lopes e Albuquerque (2018) entende que a intensa prática agrícola incrementada na superfície de áreas de mananciais acarreta na vulnerabilidade nativa dessas áreas às contaminações (direta ou indireta) resultantes de usos de agroquímicos. Para Rodrigues Neto et al. (2016), os processos que interferem nas condições naturais dos recursos hídricos estão relacionados, principalmente, à urbanização e exploração do solo e subsolo pela mineração e agropecuária. Pimenta et al. (2016) mencionam como consequência das atividades antrópicas uma queda da qualidade da água e perda de biodiversidade aquática, em função das alterações no ambiente em aspectos físicos, químicos e na dinâmica natural das comunidades biológicas.

Assim, é importante um levantamento através de pesquisa para averiguar os tipos de plantações e aspectos, problemáticos ou não, causados ao solo do horto da microbacia do rio Inhangapi, no município de Inhangapi/PA. O município apresenta lavouras permanentes (978 ha) e temporárias (447 ha), sendo que no caso de sistemas agrofloretais onde há cultivo de espécies florestais usadas para lavouras e pastoreio a área é de 1772 ha (IBGE, 2017).

O objetivo com o presente trabalho foi averiguar a qualidade do solo do horto municipal e possíveis alterações nas

margens em um trecho do rio Inhangapi próximo ao horto do município de Inhangapi, Pará.

MATERIAL E MÉTODOS

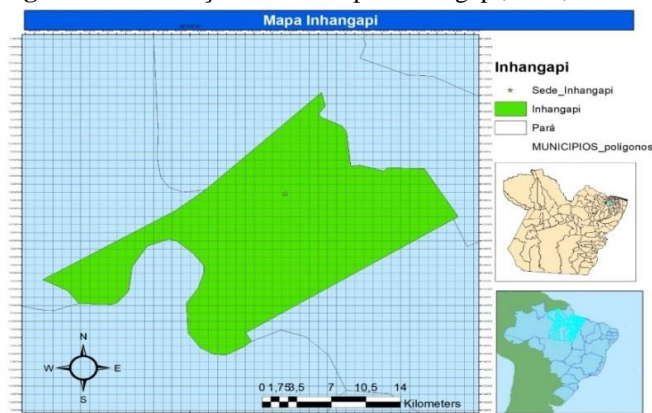
Área de estudo

O local selecionado, devido à importância para a região, para a coleta está localizado no horto municipal da cidade de Inhangapi, Estado do Pará. O clima de Inhangapi é definido como megatérmico e úmido, onde a temperatura mantém-se elevada em todos os meses do ano com média anual de 25 °C, variando seus valores mensais entre 24 e 26 °C. A precipitação pluviométrica anual é elevada, comumente 2.350 mm; contudo, fortemente concentrada de janeiro a junho (cerca de 80%). De setembro a dezembro há uma curta estação seca, de moderado déficit de água nesses meses (INMET, 2020).

A cidade de Inhangapi no Estado do Pará possui uma população de 10.037 habitantes, onde mais da metade se encontra vivendo na zona rural. Nessa região, as principais atividades econômicas exercidas envolvem a agricultura, entre elas o cultivo de açaí, mandioca e atividades minerais para a produção de telhas e tijolos, sendo que as atividades de empresas de olaria são as mais antigas nesse município (IBGE, 2017).

A Figura 1 descreve os limites do município de Inhangapi (em verde). Além de identificar a localização da Sede municipal do município que também representa a localização do horto da cidade.

Figura 1. Localização do município Inhangapi, Pará, Brasil.



Fonte: Autores, 2019.

Amostragens

A primeira coleta foi realizada no mês de setembro de 2018, mês no qual a precipitação pluviométrica é menor, quando comparado ao mês da segunda coleta que foi em fevereiro de 2019. De acordo com a série histórica de chuvas da plataforma do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), o período de junho a novembro é o menos chuvoso, enquanto de dezembro a maio o mais chuvoso.

Para a coleta das amostras compostas, a área total do horto municipal foi dividida em três áreas, levando em consideração as dimensões do horto, as quais foram caracterizadas pela presença de diferentes culturas. No local de estudo, por meio de amostragem aleatória em cada ambiente, foram retiradas três amostras compostas de solo para a área 1 (mamão e mandioca), três amostras compostas para área 2 (banana e açaí) e duas amostras compostas para a área 3

(banana e feijão), totalizando oito amostras individuais. Isso se repetiu tanto na primeira quanto na segunda campanha de amostragens totalizando dezesseis amostras individuais.

Em cada ponto (mesmo local nas duas campanhas) selecionado para a coleta das amostras foi utilizada enxada para eliminar o material grosseiro da superfície do terreno. Em seguida, foi utilizado o trado holandês para a extração das amostras de solo (camada inicial de 20 cm de profundidade), basquetas para homogeneização das amostras e sacolas plásticas para armazenamento (FILIZOLA et al., 2006).

Preparo e análises das amostras

As amostras de solo foram levadas ao Centro de Tecnologia Agropecuária (CTA), localizado na Universidade

Federal Rural da Amazônia (UFRA) no município de Belém, onde foram feitas as análises físico-químicas. O Manual de Procedimentos de Coleta de Amostras em Áreas Agrícolas para Análise da Qualidade Ambiental (FILIZOLA et al., 2006), Manual de Métodos de Análise de solo (TEIXEIRA et al., 2017) e a recomendação de adubação e calagem para o estado do Pará (SILVA et al., 2007) foram usados como alicerces para os procedimentos de obtenção e análises dos parâmetros das amostras do solo.

Posteriormente à chegada ao laboratório de análises químicas, as amostras foram destorroadas, peneiradas e armazenadas em caixas de papelão para serem secas ao ar, para determinação dos parâmetros físico-químicos nas amostras de solo (Tabela 1).

Tabela 1. Parâmetros físico-químicos e metodologia empregada para as amostras de solo.

Parâmetros	Unidades	Método*
pH	adimensional	Potenciometria, medido em pHmetro (PHmeter, modelo JK-PHM-005)
Condutividade elétrica (CE)	$\mu\text{S cm}^{-1}$	Condutivimetria, medido em condutivímetro (Conductivity meter, modelo CD-850)
Alumínio trocável (Al^{+3})	cmolc Kg^{-1}	Titulação Complexometria NaOH 0,025 mol L ⁻¹
Acidez potencial	cmolc Kg^{-1}	Titulação por Neutralização NaOH 0,025 mol L ⁻¹
Cálcio trocável	cmolc Kg^{-1}	Titulação Complexometria EDTA 0,0125 mol L ⁻¹
Magnésio trocável	cmolc Kg^{-1}	Titulação Complexometria EDTA 0,0125 mol L ⁻¹
Sódio e potássio	cmolc Kg^{-1}	Fotômetro de chama em extratos de duplo-ácida, HCl 0,05 mol L ⁻¹ + H ₂ SO ₄ 0,0125 mol L ⁻¹ (Fotômetro Quimis)
Carbono orgânico	g Kg^{-1}	Titulação por oxi-redução, Sulfato ferroso 0,1 N
Matéria orgânica	g Kg^{-1}	Titulação por oxi-redução, Sulfato ferroso 0,1 N
Granulometria	%	Método da pipeta

*Manual de Métodos de Análise de solo (TEIXEIRA et al., 2017).

Protocolo de avaliação rápida

Para a avaliação do corpo hídrico foi aplicado o Protocolo de Avaliação Rápida (PAR), proposto por Hannaford et al. (1997) e adaptado por Callisto et al. (2002), o qual se baseia na quantificação de vinte e dois parâmetros (Tabela 2), com o intuito de avaliar as características e impactos antrópicos causados em um trecho localizado no centro urbano do município da microbacia do rio Inhangapi (com extensão de 57 km), situado às margens do horto municipal. De acordo com Radtke (2015), o PAR é uma importante ferramenta, uma vez que norteia a reflexão sobre a abrangência de temas relacionados aos cursos d'água.

Callisto et al. (2002) visando uma descrição geral e qualitativa formulou os primeiros 10 parâmetros (Tabela 2) que são pontuados de 0 a 4. Ademais, os restantes dos parâmetros foram inseridos com o intuito de avaliar as condições do habitat e níveis de conservação das condições naturais. Desse modo, cada parâmetro recebeu notas de 0 a 5.

O segundo momento do PAR foi adaptado do protocolo proposto por Hannaford et al. (1997). De acordo com Callisto et al. (2002), são definidos três níveis de preservação: se a pontuação final resultar em um número de 0 a 40, o ponto indica um trecho impactado; de 41 a 60, o ponto indica um trecho alterado; e superior a 61 até 150 indica um trecho natural. A observação dos parâmetros do habitat e seu funcionamento passam por treinamento do observador para diminuir erros (HANNAFORD et al., 1997).

Tabela 2. Protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats da Agência de Proteção Ambiental de Ohio (EUA) e Hannaford et al (1997).

Parâmetros do PAR	
Protocolo de Ohio (EUA)	Protocolo de Hannaford et al. (1997)
I. Tipo de ocupação das margens do corpo d'água	XI. Tipo de fundo
II. Erosão próxima e/ou nas margens do rio e assoreamento em seu leito	XII. Extensão de rápidos
III. Alterações antrópicas	XIII. Frequência de rápidos
IV. Cobertura vegetal	XIV. Tipos de substratos
V. Odor da água	XV. Deposição de lama
VI. Oleosidade da água	XVI. Depósitos sedimentares
VII. Transparência da água	XVII. Alterações no canal do rio
VIII. Odor do sedimento (fundo)	XVIII. Características dos fluxos das águas
IX. Oleosidade do fundo	XIX. Presença de mata ciliar
X. Tipo de Fundo	XX. Estabilidade das margens
-	XXI. Extensão de mata ciliar
-	XXII. Presença de plantas aquáticas

Análises estatísticas

Foram determinadas as médias e desvios padrão, assim como, o teste T de Student para amostras independentes (com 5% de significância), com o intuito de comparar os resultados obtidos no período menos chuvoso (1ª coleta) e período mais chuvoso (2ª coleta). As análises foram realizadas no software Excel (2016).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Avaliação do solo

Na Tabela 3 constam os dados dos parâmetros físico-químicos da primeira e segunda coleta para as três áreas. No parâmetro pH, a análise realizada em extratores, para maior confiabilidade dos resultados obtidos de média por área. Assim, os valores da primeira coleta variaram de 4,14 a 5,84 e na segunda coleta os resultados oscilaram de 4,26 a 5,97.

Tabela 3. Análises físico-químicas de solo de horto municipal de Inhangapi, Pará, expressos em média por áreas.

Parâmetros	Coleta 1			Coleta 2		
	A1	A2	A3	A1	A2	A3
pH (em KCl)	4,96 ± 0,18	4,14 ± 0,09	4,27 ± 0,10	4,43 ± 0,34	4,29 ± 0,05	4,26 ± 0,07
pH (em CaCl ₂)	5,01 ± 0,02	4,24 ± 0,10	4,34 ± 0,03	4,72 ± 0,03	5,13 ± 0,05	5,05 ± 0,02
pH (em H ₂ O)	5,84 ± 1,10	5,21 ± 0,20	5,26 ± 0,05	5,97 ± 0,90	5,27 ± 0,05	5,67 ± 0,05
CE (μS cm ⁻¹)	72,23 ± 1,40	80,65 ± 1,21	59,05 ± 1,80	55,69 ± 1,45	49,71 ± 1,27	56,66 ± 1,72

De acordo com Hedin et al. (2003), o ecossistema amazônico apresenta intensa produção de ácidos orgânicos nos corpos d'água, favorecendo o aumento da acidez que pode ser observada como resultado em alguns pontos das duas coletas.

O pH ideal para as culturas encontra-se na faixa de 5,5 a 6,5, pois apresenta ausência de Al³⁺ e disponibilidade intermediária dos demais micronutrientes além do processo de lixiviação ser favorecido pela diminuição do número de cargas negativas do solo decorrente da possível diminuição do pH (RODRIGUES, 2019). O que é verificado em algumas áreas as quais estão em faixas abaixo do valor ideal e isso é uma adversidade em lavouras visto que o pH é uma das propriedades químicas do solo mais importantes na determinação da produção agrícola. De maneira que apresenta elevados teores de Al³⁺, baixos teores de Ca²⁺ e Mg²⁺ e deficiência de fósforo - P (PREZOTTI; GUARÇONI, 2013).

No tocante ao parâmetro de condutividade elétrica, os valores obtidos estão na faixa considerada normal, ou seja, um solo não salino (Tabela 3). O valor de condutividade que

classifica um solo salino deve ser > 4 dS m⁻¹, ou seja, resulta em valores acima de 4.000 μS cm⁻¹ para a classificação de salinidade de um solo. A tolerância durante a fase de germinação é superior, entretanto, não deve ultrapassar o valor de 4.000 μS cm⁻¹, o que poderia inibir ou retardar a germinação das sementes e devido a elevada pressão osmótica, as raízes encontram dificuldade em absorver água e nutrientes reduzindo a produção e levando a planta a morte (PREZOTTI; GUARÇONI, 2013).

Analisando os resultados, nos três parâmetros com os extratores de pH em KCl 1 mol L⁻¹, CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹ e água, o resultado estatístico do teste de média foi acima do nível de significância, ou seja, acima de 5% (p > 0,05). Dessa forma, os valores de médias nos diferentes períodos de precipitação não são diferentes estatisticamente e isso corrobora que a sazonalidade não influenciou nos resultados obtidos, independente do extrator utilizado para a análise química deste parâmetro (Tabela 4).

Tabela 4. Aplicação do teste t com nível de significância de 5% nos diferentes parâmetros nas duas coletas de solo do horto municipal de Inhangapi, Pará.

Parâmetros	Coleta 1	Coleta 2	Valores de p
pH em KCL 1 mol L ⁻¹	4,45 ± 0,39	4,32 ± 0,09	0,35231
pH em CaCl ₂ 0,01 mol L ⁻¹	4,53 ± 0,37	4,96 ± 0,29	0,15195
pH em água	5,43 ± 0,29	5,63 ± 0,35	0,13991
CE (μs cm ⁻¹)	70,64 ± 10,20	54,02 ± 3,76	0,04483

Os resultados obtidos demonstraram que há diferença significativa entre os valores de condutividade elétrica na primeira coleta em relação à segunda. Logo, infere-se que a pluviosidade da região influenciou na concentração de sais presentes na solução do solo, pois em um período menos chuvoso há pouco acúmulo de água na superfície do solo, em relação ao período mais chuvoso (dezembro a maio). O que causa um maior acúmulo de sais no período menos chuvoso, pois a água evapora mais rapidamente. Onde a precipitação é baixa e a evapotranspiração é alta, a salinidade é caracterizada como de terras áridas e os sais se acumulam no solo decorrente de limitada drenagem ou lixiviação (BUTCHER et al., 2016).

A Tabela 5 apresenta os dados obtidos para os parâmetros físico-químicos da primeira e segunda coleta para as três áreas em estudo. Para o teor de acidez potencial, os dados obtidos

para as três áreas em estudo na primeira coleta mostraram resultados de médias variando entre média ou alta. Na segunda coleta, os valores foram altos em todos os pontos. No que se refere ao parâmetro alumínio trocável, os resultados indicam que na primeira coleta a área (A2) apresentou valores acima de 1,0 cmolc Kg⁻¹, o que classifica esta área como contendo altas concentrações de alumínio trocável, enquanto as áreas A1 e A3 se comportaram na faixa de concentração baixa e média (PREZOTTI; GUARÇONI, 2013) (Tabela 5).

Na segunda coleta, a A1 obteve valores de teor de alumínio na faixa considerada baixa, enquanto as áreas A2 e A3 apresentaram concentrações dentro da faixa mediana (Tabela 5). Este parâmetro é importante, pois o Al³⁺ trocável causa o engrossamento das raízes, reduz o seu crescimento e impede a formação de pelos radiculares, prejudicando a

absorção de água e nutrientes e, em alta quantidade é prejudicando até a recuperação de áreas degradadas (SOBRAL considerado um elemento tóxico aos organismos, et al., 2015).

Tabela 5. Análises físico-químicas de solo de horto municipal de Inhangapi, Pará, expressos em média por áreas

Parâmetros	Coleta 1			Coleta 2		
	A1	A2	A3	A1	A2	A3
H + Al (cmolc Kg ⁻¹)	4,26 ± 0,39	5,99 ± 0,18	5,35 ± 0,25	6,09 ± 0,36	7,53 ± 0,21	6,80 ± 0,22
Al ³⁺ (cmolc Kg ⁻¹)	0,14 ± 0,05	1,02 ± 0,05	0,68 ± 0,07	0,17 ± 0,04	0,70 ± 0,05	0,67 ± 0,08
Ca ²⁺ (cmolc Kg ⁻¹)	3,97 ± 0,40	1,27 ± 0,10	1,8 ± 0,14	4,53 ± 0,39	1,58 ± 0,14	1,83 ± 0,14
Mg ²⁺ (cmolc Kg ⁻¹)	0,94 ± 0,15	1,09 ± 0,10	0,77 ± 0,06	1,04 ± 0,19	1,17 ± 0,15	0,6 ± 0,09
C.O (g Kg ⁻¹)	1,99 ± 0,52	2,14 ± 0,56	2,13 ± 0,70	0,54 ± 0,60	0,56 ± 0,54	0,76 ± 0,68
M.O (g Kg ⁻¹)	3,44 ± 0,67	3,67 ± 0,65	3,67 ± 0,61	0,95 ± 0,59	0,98 ± 0,67	1,32 ± 0,67
K ⁺ (cmolc Kg ⁻¹)	0,14 ± 0,02	0,13 ± 0,04	0,21 ± 0,04	0,18 ± 0,05	0,09 ± 0,02	0,12 ± 0,05
Na ⁺ (cmolc Kg ⁻¹)	0,10 ± 0,01	0,07 ± 0,07	0,06 ± 0,05	0,17 ± 0,03	0,06 ± 0,04	0,09 ± 0,02

Referente aos dados obtidos para o teor de cálcio trocável, nas três áreas, os valores de média para os pontos da primeira coleta ficaram entre 1,27 a 3,97 cmolc Kg⁻¹. Os pontos da segunda coleta apresentaram os valores de média entre 1,58 a 4,53 cmolc Kg⁻¹. Assim, os pontos das duas coletas apresentaram variação na classificação entre baixa, média e alta em que baixo: < 1,5 cmolc Kg⁻¹, médio: 1,5 – 4,0 cmolc Kg⁻¹ e alto > 4,0 cmolc Kg⁻¹ (Tabela 5). O cálcio é considerado um cátion trocável muito requerido no solo visto que estão eletrostaticamente retidos pelas cargas negativas do solo e atua na estrutura da planta compondo a parede celular, germinação do grão de pólen e crescimento do tubo polínico (RONQUIM, 2010).

Em relação ao teor de magnésio trocável, as três áreas em estudo apresentaram variação na concentração entre 0,77 a 1,09 cmolc Kg⁻¹, possuindo como classificação os teores variando entre médio e alto. Na segunda coleta os valores ficaram entre 0,60 a 1,17 cmolc Kg⁻¹, o que classifica essas amostras entre baixo, médio e alto nos teores de Mg²⁺ trocável. Os teores são classificados em baixo: < 0,5 cmolc Kg⁻¹, médio: 0,5 – 1,0 cmolc Kg⁻¹ e alto: > 1,0 cmolc Kg⁻¹. Assim como o cálcio, o magnésio trocável também é importante devido aos seus teores e em níveis adequados, garantem o bom crescimento das culturas, pois tem papel catalisador e participam dos centros de reações da fotossíntese já que é o átomo central da molécula de clorofila (PREZOTTI; GUARÇONI, 2013).

No que se refere ao parâmetro carbono orgânico, os valores de média da primeira coleta se encontram entre 1,99 a 2,14 g Kg⁻¹, enquanto que na segunda coleta os valores ficaram entre 0,54 a 0,76 g Kg⁻¹. O carbono orgânico que é produzido pelos restos vegetais, e é um parâmetro considerado a energia que move a cadeia alimentar do solo. Além disso, compõe a matéria orgânica do solo uma vez que participa de cerca de 50% de sua composição além de ser importante na classificação de horizontes superficiais (SILVA, 2018). Nota-se que os valores da segunda coleta foram muito baixo quando comparados com os da primeira coleta (Tabela 5).

No parâmetro de matéria orgânica a classificação se dá em baixa < 15 g Kg⁻¹, média 15 a 30 g Kg⁻¹ e alta > 30 g Kg⁻¹. Comparando as três áreas, se observa que os valores médios da primeira coleta variaram entre 3,44 a 3,67 g Kg⁻¹. Enquanto que, na segunda coleta os valores médios variaram entre 0,95 a 1,32 g Kg⁻¹ (Tabela 5). Os resultados das concentrações de matéria orgânica nos pontos das duas coletas apresentam a

classificação considerada baixa (PREZOTTI; GUARÇONI, 2013).

Em termos de fertilidade, a matéria orgânica é importante, pois além de fornecer nutrientes às plantas, dá a ideia do grau de armazenamento de água no solo e está relacionada com a capacidade de troca de cátions. Uma vez que o aumento do nível de matéria orgânica acarreta no aumento da quantidade de cargas negativas no solo e, além disso, informa o estado de decomposição da matéria orgânica decorrente da ação microbiana (SILVA, 2018). Por isso, levando em consideração que os resultados apresentados na Tabela 5, consideram-se que estes estão abaixo do ideal, o que indica que a atividade microbiológica no solo pode estar sendo prejudicada.

No que diz respeito ao teor de potássio trocável (K⁺), a classificação ocorre da seguinte maneira: baixo quando < 60 mg/dm³, médio quando entre 60 – 150 mg/dm³, e alto quando > 150 mg/dm³ (SILVA, 2018). Transformando-a para cmolc. Kg⁻¹ a classificação observada fica baixo < 0,15 cmolc. Kg⁻¹, médio entre 0,15 - 0,38 cmolc. Kg⁻¹, e alto > 0,38 cmolc. Kg⁻¹. Logo, é possível observar que os pontos da primeira e segunda coleta se apresentam na faixa considerada baixa (0,15 cmolc. Kg⁻¹) e na faixa média (0,15 a 0,38 cmolc. Kg⁻¹) (Tabela 5). É importante saber que na deficiência de íons potássio os solos são considerados mais intemperizados. No que se refere à concentração do íon sódio trocável (Na⁺) é importante destacar que este não é um dos nutrientes essenciais as plantas e quando presentes em altas concentrações no solo podem causar efeito depressivo sobre a produtividade das culturas. Além disso, é um dos cátions essenciais na quantificação da capacidade de troca de cátions do solo (SOBRAL et al, 2015).

Na Tabela 6, observa-se os valores obtidos dos parâmetros de acidez potencial, alumínio trocável, cálcio trocável, magnésio trocável, potássio trocável e magnésio trocável.

No que se refere aos resultados de cálcio trocável (Ca²⁺), magnésio trocável (Mg²⁺), alumínio trocável (Al³⁺), potássio trocável (K⁺) e sódio trocável (Na⁺), o teste t revelou não ocorrer diferença estatística entre as médias nos dois períodos de coleta. Logo a diferença de precipitação não influenciou o teor desses íons no solo. Por outro lado, no parâmetro de acidez potencial (H + Al) ocorreu diferença significativa entre os valores obtidos nos diferentes períodos, ratificando que a precipitação nos diferentes períodos influenciou nos resultados obtidos.

Tabela 6. Aplicação do teste t com nível de significância de 5% nos parâmetros H + Al, Al³⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ e valores de média geral e desvio padrão das duas coletas de solo do horto municipal de Inhangapi, Pará

Parâmetros	Coleta 1	Coleta 2	Valores de p
Ca ²⁺	2,34 ± 1,19	2,64 ± 1,63	0,32527
Mg ²⁺	0,93 ± 0,15	0,93 ± 0,29	0,81661
Al ³⁺	0,61 ± 0,41	0,51 ± 0,29	0,56669
H + Al	5,2 ± 0,81	6,80 ± 0,72	0,0129
K ⁺	0,16 ± 0,04	0,13 ± 0,04	0,39382
Na ⁺	0,07 ± 0,02	0,10 ± 0,05	0,10593

Na tabela 7 estão os valores de granulométricas expressos em porcentagem resultante para cada área do horto, através da análise.

Tabela 7. Análises físico-químicas em solo do horto municipal de Inhangapi, Pará, expressos em média por áreas

Granulometria	Áreas		
	A1	A2	A3
Areia (%)	72,60	80,86	74,35
Silte (%)	26,96	18,73	25,2
Argila (%)	0,43	0,40	0,45

Os pontos P1 e P2 (A1) estão na faixa franco arenoso, enquanto os pontos P3, P5, P6, P7 e P8 (em todas as áreas)

Tabela 8. Análises físico-químicas em solo do horto municipal de Inhangapi, Pará, expressos em média por áreas

Parâmetros	Coleta 1			Coleta 2		
	A1	A2	A3	A1	A2	A3
SB (cmolc Kg ⁻¹)	5,17	2,56	2,84	5,92	2,91	2,65
T (cmolc Kg ⁻¹)	9,53	8,55	2,20	12,02	10,44	9,45
t (cmolc Kg ⁻¹)	5,31	3,58	3,53	6,09	3,61	3,33
m (%)	2,70	28,56	19,41	2,78	19,44	20,27
v (%)	54,23	29,91	34,69	49,30	27,88	28,08

Quando se refere à soma de bases (SB) levam-se em consideração as bases presentes nos coloides das amostras de solo, sendo importante da determinação da CTC potencial (SILVA, 2018). Verifica-se que nas áreas A1 independentes das coletas os valores são considerados altos e nas áreas A2 e A3 em ambas as coletas os valores são considerados médios (Tabela 8). Pois no que tange à soma de bases à classificação ocorre da seguinte forma: baixo < 2,0 cmolc Kg⁻¹; médio 2,0 a 5,0 cmolc Kg⁻¹ e alto > 5,0 cmolc Kg⁻¹.

A capacidade de troca de cátions total (CTC pH 7) é plausível quando se busca o conhecimento sobre o potencial produtivo do solo (PREZOTTI; GUARÇONI, 2013). No que diz respeito a segunda coleta, a A1 e A2 apresentam valores de CTC considerados altos. A área A3 da primeira coleta apresenta um valor considerado baixo, nas áreas A1 e A2 da primeira coleta e A3 da segunda coleta os valores são considerados médios (Tabela 8). A classificação é baixa < 4,5 cmolc Kg⁻¹, médio 4,5 a 10 cmolc Kg⁻¹ e alto > 10 cmolc Kg⁻¹.

Na capacidade de troca de cátions efetiva (t) há uma indicação da quantidade de cargas negativas ocupadas com os cátions trocáveis no solo, sendo que neste caso não se considera os íons H⁺. Percebe-se na tabela 8 que a área A1 da segunda coleta é a única que apresenta teor considerado alto. Enquanto que, nas demais áreas os teores são considerados médios (Tabela 8). Visto que a classificação é baixa < 2,5,

estão na faixa areia franca, e o ponto P4 (A2) na faixa de areia. De maneira geral, o solo do horto municipal de Inhangapi é caracterizado como arenoso e os solos mais propícios à erosão são os arenosos (SILVA, 2018).

Além disso, a água infiltra com maior facilidade devido aos poros serem maiores em partículas arenosas, não sendo benéfico às culturas, pois dificulta a absorção de água pelo sistema radicular. Silva (2018) acrescenta ainda que os solos mais propícios à formação de voçorocas, que são grandes buracos formados no solo, são os do tipo arenoso.

Na tabela 8 observa-se os valores de médias dos parâmetros de soma de bases (SB), CTC potencial (T), CTC efetiva (t), saturação por alumínio (m %), e saturação por bases (v %).

médio 2,5 a 6,0 Cmolc.Kg⁻¹ e alto > 6,0 Cmolc.Kg⁻¹ (SOBRAL et al., 2015).

O alumínio é estimado com base na CTC efetiva (t). Para que haja crescimento e desenvolvimento das plantas, é importante que não haja presença de Al³⁺ de forma que o pH seja maior que 6,5, sendo assim, a saturação por alumínio expressa a quantidade da CTC que é ocupada pelo alumínio trocável (SILVA, 2018). Todas as áreas da primeira e segunda coleta tem seus teores considerados baixos (Tabela 8). Na saturação por alumínio a classificação é baixa < 50%, médio 50 a 70% e alto > 70%. (SOBRAL et al., 2015).

A saturação por bases (V%) diz respeito ao total de cargas negativas no solo ocupada por bases como: Ca²⁺ e Mg²⁺. Os valores adequados às culturas geralmente estão entorno de 50 a 80% (SILVA, 2018). A classificação é baixa < 50%, médio 50 a 70% e alto > 70% (SOBRAL et al., 2015).

Nenhum valor se encontra na faixa considerada alta (ideal às culturas), a área A1 da primeira coleta apresenta um teor considerado médio, já as áreas A2 e A3 da primeira coleta, A1, A2 e A3 da segunda coleta são considerados baixos (Tabela 8).

Avaliação do corpo hídrico

No que se refere à avaliação do corpo hídrico, o PAR (Protocolo de Avaliação Rápida), as notas distribuídas para cada parâmetro proposto por Callisto et al. (2002) e Hannaford et al. (1997) constam na tabela 9.

Tabela 9. Descrição geral do Protocolo de Avaliação Rápida (PAR) e condições de habitat e níveis de conservação em trecho do rio Inhangapi no horto municipal de Inhangapi, Pará.

Parâmetro PC	Pontuação	Parâmetro PH	Pontuação
1	0	11	3
2	2	12	3
3	0	13	5
4	4	14	0
5	2	15	2
6	2	16	2
7	2	17	4
8	4	18	5
9	4	19	0
10	2	20	3
Total	22	21	2
-	-	22	0
-	-	Total	29

PC: Protocolo de Callisto; PH: Protocolo de Hannaford

Os parâmetros 1 e 3 são, respectivamente, tipos de ocupação das margens com curso d'água e alterações antrópicas, ambos foram pontuados com notas 0 (zero), uma vez que neste local foi encontrado como ocupação das margens algumas residências e alguns comércios, além da presença de bares e restaurantes.

Além disso, os parâmetros 4, 8 e 9 apresentaram pontuação 4 sendo respectivamente cobertura vegetal no leito a qual era parcial, odor do sedimento (fundo) e oleosidade do fundo. Bersot et al. (2015) em seu estudo, verificou que as características de instabilidade nas margens, lâmina d'água abaixo do nível normal, habitats severamente modificados e principalmente desmatamento acentuado para plantação de Eucalipto, além disso, quando as margens são severamente modificadas pelas construções residências eleva os riscos de erosão. A nota favorável foi obtida, pois o sedimento de fundo não apresentava nenhum odor e foi verificada a ausência de oleosidade (Tabela 9).

Os parâmetros 2, 5, 6, 7 e 10 são respectivamente: erosão próxima e/ou nas margens do rio e assoreamento em seu leito,

odor da água, oleosidade da água, transparência da água e tipo de fundo. No que diz respeito a esses, nenhum apresentou a pontuação mínima nem a máxima. Quando ainda há presença de parte da poluição, esta pode diluir na água devido a influência de afluentes e a retenção de parte de poluentes pela vegetação presente (BERSOT et al., 2015). Logo, deve-se levá-los em consideração na hora da pontuação final, porém no processo de tomada de decisão na intervenção do problema foi preferível dar ênfase aos que apresentaram pontuação mínima (0) ou máxima (4) (Tabela 9).

Os parâmetros 14, 19 e 22 são, respectivamente, tipos de substrato, presença de mata ciliar e presença de plantas aquáticas. Estes parâmetros receberam nota igual a 0 (zero), visto que se observou fundo lamoso, porcentagem abaixo de 50% em termos de mata ciliar nativa e ausência de vegetação aquática no leito do rio. Os parâmetros 13 e 18 que são, respectivamente, frequência de rápidos e características do fluxo das águas, apresentaram nota 5, pois neste trecho os rápidos são relativamente frequentes e o fluxo da água igual em toda a largura do rio (Tabela 9). Um rio com habitats diversificados são essenciais na manutenção de organismos aquáticos, todavia, quando são frequentemente modificados, a possibilidade de habitats saudáveis reduz (BIZZO et al., 2014).

Os parâmetros 11, 12, 15, 16, 17, 20 e 21 são, respectivamente: tipo de fundo, extensão de rápidos, deposição de lama, depósitos sedimentares, estabilidade das margens e extensão de mata ciliar. Estes também por não possuírem pontuações mínimas nem máximas assim como nos primeiros dez parâmetros, levou-se em consideração apenas para pontuação final para dar-se destaque aos que apresentaram pontuação mínimas e máximas (Tabela 9). Todos os parâmetros observados e aplicados no PAR são fundamentais para compreensão da área de estudo compreendendo a interação com o ecossistema que a envolve (BIZZO et al., 2014).

A soma das notas apresentadas na Tabela 9 foi de 51 pontos o que indica que o trecho avaliado se encontra alterado e isso é acarretado por uso errôneo das ocupações perto da margem do rio, como bares e residências, sobretudo no despejo de modo incorreto de águas residuais e a retirada da mata ciliar (Tabela 9).

A Figura 2 A demonstra o fluxo do rio Inhangapi e a Figura 2 B a presença de construções de alvenaria às margens do rio e retirada da mata ciliar.

Figura 2. Trecho do rio Inhangapi no horto municipal de Inhangapi, Pará.



CONCLUSÕES

Os parâmetros físico-químicos do solo horto municipal de Inhangapi não apresentam diferença, exceto condutividade elétrica e acidez potencial.

Muitos parâmetros apresentam valores abaixo do ideal em algumas áreas do horto (pH; H + Al; Al³⁺; Ca²⁺; M.O; K⁺; t e V%) em relação aos cultivos presentes no horto.

A área hídrica próxima (no rio Inhangapi) é caracterizada como trecho alterado.

REFERÊNCIAS

- ALAOUI, A.; BARÃO, L.; FERREIRA, C. S. S.; SCHWILCH, G.; BASCH, G.; FUENSANTA, G. O.; MORUNGAN, A.; SOLARA, J. M.; KOSMAS, C.; GLAVAN, M.; SZABÓ, B.; HERMANN, T.; VIZITIU, O. P.; LIPIEC, J.; FRAC, M.; REITAM, E.; XU, M.; DI, J.; FAN, H.; SUKEL, W.; LEMESLE, J.; GEISSEN, V.; FLESKENS, L. Visual assessment of the impact of agricultural management practices on soil quality. *Agonomy journal*. p. 1-16, 2020. [10.1002/agj2.20216](https://doi.org/10.1002/agj2.20216)
- AZEVEDO, J. R.; BUENO, C. R. P. Potencialidades e limitações agrícolas de solos e assentamento de reforma agrária no município de Chapadina-MA. *Revista Scientia Agraria*, v. 17, n. 3, p. 1-13, 2016.
- BERSOT, M. R. O. B.; MENEZES, J. M.; ANDRADE, S. F. Aplicação do protocolo de avaliação rápida de rios (PAR) na bacia hidrográfica do rio Imbé – RJ. *Ambiência Guarapuava*. v. 11, n.2, p.277 – 294, 2015. [10.5935/ambiencia.2015.02.01](https://doi.org/10.5935/ambiencia.2015.02.01).
- BIZZO, M. R. O.; MENEZES, J.; ANDRADE, S. F.; Protocolos de avaliação rápida de rios (PAR). *Caderno de Estudos Geoambientais*. v. 04, p. 05-13, 2014.
- BOARETTO, A. E.; NATALE, W. Importância da nutrição adequada para a produtividade e qualidade dos alimentos. *Nutrição e adubação de hortaliças*. Jaboticabal: FUNEP-Fundação de Apoio à Pesquisa, Ensino e Extensão, p.45-74, 2016.
- BUTCHER, K.; WICK, A. F.; DESUTTER, T.; CHATTERJEE, A.; HARMON, J. Soil salinity: a threat to global food security. *Agronomy journal*, v. 108, n. 6, p. 2165-2566, 2016. [10.2134/agronj2016.06.0368](https://doi.org/10.2134/agronj2016.06.0368).
- CALLISTO, M. F.; FERREIRA, W.R.; MORENO, P.; GOULART, M.; PETRUCIO, M. Aplicação de um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitantes em atividades de ensino e pesquisa. *Acta Limnologica Brasileira*, v. 14, n.1, p. 91-98, 2002.
- COUTINHO, E. F.; DA VEIGA MOLINE, E. L. M. Atributos químicos de solos da Amazônia Ocidental após sucessão da mata nativa em áreas de cultivo. *Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, v. 58, n. 1, p. 14-20, 2015. [10.4322/rca.1683](https://doi.org/10.4322/rca.1683)
- FILIZOLA, H. F.; GOMES, M. A. F.; SOUZA, M. D. Manual de procedimentos de coleta de amostras em áreas agrícolas para análise da qualidade ambiental: solo, água e sedimentos. 1.ED. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2006.169 p.
- FONTES, P. C. R. Nutrição mineral de hortaliças: horizontes e desafios para um agrônomo. *Horticultura brasileira*, v. 32, n. 3, p. 247-253, 2014. [10.1590/S0102-05362014000300002](https://doi.org/10.1590/S0102-05362014000300002)
- FREITAS, L.; OLIVEIRA, I. A.; SILVA, L. S.; FRARE, C. V.; FILLA, V. A.; GOMES, R. P. Indicadores da qualidade química e física do solo sob diferentes sistemas de manejo. *V.26, n. 1-2*, p. 08-25, 2017.
- HANNAFORD, M. J.; BARBOUR, M. T.; RESH, V. H. Training reduces observer variability in visual-based assessments of stream habitat. *Journal of the North American Benthological Society*, v. 16, n. 4, p. 853-860, 1997. [10.2307/1468176](https://doi.org/10.2307/1468176).
- HEDIN, L. O.; VITOUSEK, P. M.; MATSON, P. A. Nutrient losses over four million years of tropical forest development. *Ecology*, v. 84, n. 9, p. 2231-2255. 2003. [10.1890/02-4066](https://doi.org/10.1890/02-4066)
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Agropecuário, 2017. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/>> Acesso em: 26 fev 2020.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades, 2017. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 26 fev 2020.
- INMET, Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br>>. Acesso em: 30 jan 2020.
- LOPES, C. V. A.; ALBUQUERQUE, G. S. C. Agrotóxicos e seus impactos na saúde humana e ambiental: uma revisão sistemática. *Saúde em Debate*, v. 42, p. 518-534, 2018. [10.1590/0103-1104201811714](https://doi.org/10.1590/0103-1104201811714).
- RODRIGUES NETO, G. T.; JÚNIOR, M. G. S.; UCKER, F. E.; LIMA, M. L. Aplicação do protocolo de avaliação rápida de impacto ambiental para avaliação do estado de conservação do córrego Caveirinha, Goiânia-GO. *Revista Eletrônica de Educação da Faculdade Araguaia*, v. 10, p. 26-43, 2016.
- PIMENTA, S. M.; BOAVENTURA, G.R.; PENÃ, A. M.; RIBEIRO, T. G. Estudo da qualidade da água por meio de bioindicadores bentônicos em córregos da área rural e urbana. *Revista Ambiente & Água*, v. 11, n. 1, p. 198-210, 2016. [10.4136/1980-993X](https://doi.org/10.4136/1980-993X).
- PREZOTTI, L. C.; GUARÇONI, A. O guia de interpretação de análise de solo e foliar. 1.ED. Vitória, ES: Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural, 2013. 104p.
- RADTKE, L. Protocolos de avaliação rápida: uma ferramenta de avaliação participativa de cursos d'água urbanos. 2015. Número de folhas? Dissertação (Mestrado em engenharia civil) -Centro de??, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.

RODRIGUES, T. M. Análise das propriedades do solo após aplicação da digestão - estudo de caso. 2019. 88p. Especialização (Monografia em Tecnologias da Cadeia Produtiva do Biogás) - Centro de tecnologia. Universidade Tecnológica Federal do Paraná medianeira, Santa Maria, 2019.

RONQUIM, C. C. Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais. 1.ED. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 2010. 26p.

SILVA, C. M.; VIÉGAS, I., J. M.; BRASIL, E. C. Recomendações de adubação e calagem para o Estado do Pará. 1.ED. EMBRAPA Amazônia Oriental, Belém, PA (Brasil), 2007.

SILVA, S. B. Análise de solos para ciências agrárias. 2.ED. Belém: EDUFRA, 2018. 174 p.

SOBRAL, L. F.; BARRETO, M. C. V.; AIRON, J. S.; ANJOS, J. L. Guia prático para interpretação de resultados de análises de solo. 1.ED. Aracaju: Embrapa Amazônia Oriental- Documentos (INFOTECA-E), 2015. 15p.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. Manual de métodos de análise de solo. 3.ED. EMBRAPA Solos, Brasília, DF (Brasil), 2017.

VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J. Uma visão sobre qualidade do solo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 33, n. 4, p. 743-755, 2009.