
QUALIDADE DOS SOLOS URBANOS EM ÁREAS VERDES DE TERESINA (PI)

Rabech Grasiely Gomes **MARQUES**

Graduada de Licenciatura em Geografia - UFPI

e-mail: rabechgrasiely1998@hotmail.com; <https://orcid.org/0000-0003-3597-8634>

Gustavo Souza **VALLADARES**

Doutor em Agronomia – Ciência do Solo (UFRRJ), Professor do Curso de Geografia - UFPI

e-mail: valladares@ufpi.edu.br; <https://orcid.org/0000-0002-4884-6588>

Histórico do Artigo:

Recebido

Maio de 2021

Aceito

Junho de 2021

Publicado

Julho 2021

RESUMO: O objetivo desse trabalho foi realizar um levantamento de indicadores da qualidade do solo em áreas verdes urbanas de Teresina, PI. As áreas de estudo foram o Parque Potycabana (PY), Parque da Cidadania (CD), Complexo Turístico Ponte Estaiada (PO), Parque da Cidade (PM) e do Bosque (BO) próximo ao Centro de Ciências Humanas e Letras da Universidade Federal do Piauí, devido às interferências antrópicas existentes. Para alcançar tal objetivo foi feito o levantamento dos seguintes atributos dos solos: densidade do solo (Ds); granulometria; condutividade elétrica (CE); carbono orgânico (C); pH em água; teores de alumínio (Al), potássio (K); cálcio (Ca); magnésio (Mg); fósforo (P); nitrito (NO^{2-}); nitrato (NO^{3-}); amônia (NH_3); nitrogênio total mineral (NT); e ainda os teores pseudo-totais e biodisponíveis de ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn) e cobre (Cu). Os dados foram tratados por estatística descritiva e análise dos componentes principais (PCA), constatando que os parques CD e PM, são as áreas que mais se assemelham entre si de acordo com os resultados obtidos. Dessa forma, os locais apresentam solos favoráveis ao desenvolvimento vegetal, e os teores dos metais pesados estão na faixa da normalidade, e não trazem risco de contaminação à população, assim, proporcionando uma melhor qualidade de vida para os residentes da cidade.

Palavras-chave: Pedologia. Áreas Verdes. Teresina. Análise multivariada. Indicadores.

URBAN SOILS QUALITY IN GREEN AREAS OF TERESINA (PI)

ABSTRACT: The objective of this work was to survey soil quality indicators in urban green areas in Teresina, PI. The study areas were Potycabana Park (PY), Cidadania Park (CD), Estaiada Bridge Tourist Complex (PO), Cidade Park (PM) and a grove near the Center for Human Sciences and Letters of the Federal University Piauí (BO), due to existing anthropogenic interference. To achieve this objective, the following soil attributes were surveyed: soil density (Ds); granulometry; electrical conductivity (EC); organic carbon (C); pH in water; aluminum (Al), potassium (K); calcium (Ca); magnesium (Mg); phosphorus (P); nitrite (NO_2^-); nitrate (NO_3^-); ammonia (NH_3); total mineral nitrogen (NT); and also the pseudo-total and bioavailable contents of iron (Fe), manganese (Mn), zinc (Zn) and copper (Cu). Data were treated by descriptive statistics and principal component analysis (PCA), noting that the CD and PM parks are the areas that most resemble each other according to the results obtained. Thus, the places have favorable soils for plant development, and the levels of heavy metals are within the normal range, and do not pose a risk of contamination to the population, thus providing a better quality of life for the city's residents.

Key words: Pedology. Green areas. Teresina. Multivariate analysis. Indicators.

RESUMEM: El objetivo de este trabajo fue realizar una encuesta de indicadores de calidad del suelo en áreas verdes urbanas de Teresina, PI. Las áreas de estudio fueron el Parque Potycabana (PY), Parque Ciudadanía (CD), Complejo Turístico Puente Estaiada (PO), Parque Municipal (PM) y Parque Bosque (BO) cerca del Centro de Ciencias Humanas y Letras de la Universidad Federal Piauí, debido a la interferencia antropogénica existente. Para lograr este objetivo, se relevaron los siguientes atributos del suelo: densidad del suelo (Ds); granulometría; conductividad eléctrica (EC); carbono orgánico (C); pH en agua; contenido de aluminio (Al), potasio (K); calcio (Ca); magnesio (Mg); fósforo (P); nitrito (NO_2^-); nitrato (NO_3^-); amoníaco (NH_3); nitrógeno mineral total (NT); y también los contenidos pseudo-totales y biodisponibles de hierro (Fe), manganeso (Mn), zinc (Zn) y cobre (Cu). Los datos fueron tratados mediante estadística descriptiva y análisis de componentes principales (PCA), destacando que los parques CD y PM son las áreas que más se asemejan entre sí según los resultados obtenidos. Así, los lugares cuentan con suelos favorables para el desarrollo vegetal, y los niveles de metales pesados se encuentran dentro del rango normal, y no presentan riesgo

de contaminación para la población, brindando así una mejor calidad de vida a los habitantes de la ciudad.

Palabras clave: Pedología. Áreas verdes. Teresina. Analisis multivariable. Indicadores.

INTRODUÇÃO

Com o crescimento populacional acelerado nas cidades, o meio ambiente, vem sofrendo cada vez mais com questões ligadas a impactos ambientais em todos os âmbitos, seja ligado ao ar, água, solos, problemas relacionados ao lixo urbano, dentre outros. Portanto, é considerado um impacto ambiental “qualquer modificação do meio ambiente, adversa ou benéfica, que resulte, no todo ou em parte, dos aspectos ambientais de uma organização” (ISO 14001, 2004, p.2).

O solo é considerado um elemento natural da paisagem, base indispensável para manutenção e sustento da vida terrestre, e é definido como a coletividade de indivíduos naturais dispostos na superfície do planeta, que se desenvolvem em escalas de tempo da ordem de centenas a milhares de anos, e, eventualmente, vêm sendo modificados por interferências antrópicas, sejam, benéficas ou não (PEDRON et al., 2004; SANTOS et al., 2018).

Dentro das cidades, os solos desempenham funções como: suporte e fonte de material para obras civis; base para as agriculturas urbanas, suburbanas e de áreas verdes; meio para descarte de resíduos, além do armazenamento e filtragem de águas pluviais (PEDRON et al., 2004).

Ainda a respeito dos solos dentro do meio urbano, apesar das alterações provocadas pelas ações humanas ainda não terem assumido, em sua maioria, caráter pedogenético, devido a rapidez com que ocorrem em relação à escala temporal destes processos (PEDRON et al., 2004), é importante monitorar a qualidade dos solos dessas áreas, pois é interessante compreender seu comportamento quando localizados em áreas urbanas.

Segundo Araújo et al., (2007, p.1100) “o uso sustentável dos recursos naturais, especialmente do solo e da água, tem-se constituído em tema de crescente relevância, em razão do aumento das atividades antrópicas[...]”. Sendo assim, a preocupação referente a qualidade do solo é algo recente, como apontam Vezzani e Mielniczuk (2009, p. 744):

A discussão sobre Qualidade do Solo (QS) intensificou-se no início dos anos 1990, quando a comunidade científica, consciente da importância do solo para a qualidade ambiental, começou a abordar, nas publicações, a

preocupação com a degradação dos recursos naturais, a sustentabilidade agrícola e a função do solo nesse contexto [...]

Vale ressaltar que a qualidade do solo está relacionada com a sua capacidade de funcionar como um meio de extrema importância para sustentar a produtividade biológica, promover qualidade ambiental e manter a saúde de animais, seres humanos e plantas (DORAN E ZEISS, 2000). Norfleet et al. (2003) destaca que a qualidade do solo (QS) tem uma significativa correlação com os fatores de formação do solo, assim, ela pode ser pensada como um ramo da pedologia focada nas características e modificações ocasionadas pela ação humana.

Portanto, para os solos urbanos desempenharem suas funções, é necessário que suas características pedológicas estejam em condições favoráveis para o seu desenvolvimento. Desse modo, a qualidade do solo é mensurada por meio do uso de indicadores, que são classificados em: físicos, químicos e biológicos.

São utilizados para a avaliação química: o conteúdo de matéria orgânica (MO), o pH do solo, a condutividade elétrica (CE) e a disponibilidade de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) (COSTA et al., 2015). Cabe lembrar que existem outros nutrientes essenciais ao desenvolvimento vegetal, como o cálcio (Ca) e o magnésio (Mg), entre outros.

A biomassa microbiana, a mineralização de nutrientes (N, P e S), a respiração do solo, a fixação biológica do N e a atividade enzimática do solo podem ser utilizados como indicadores biológicos. Já para os indicadores físicos, os autores destacam: a estrutura do solo, a densidade do solo e a capacidade de retenção de umidade (DORAN E PARKIN, 1994).

Além dos indicadores já mencionados, a quantidade de metais pesados nos solos pode ser incluída como mais um indicador químico. Apesar de alguns metais serem considerados como micronutrientes essenciais para o desenvolvimento vegetal, suas concentrações, quando elevadas, contaminam os solos de maneira exagerada, trazendo riscos à saúde populacional e à biota. Em áreas sem interferência humana, a concentração natural desses elementos depende do material de origem e de seu grau de intemperismo. Nas cidades, os solos geralmente estão contaminados com Chumbo (Pb), Zinco (Zn), Cádmio (Cd) e Cobre (Cu) (CHAVES, 2008; TAVARES, 2013; RIBEIRO, 2013).

Partindo dessas premissas abordadas, o estudo em questão foi realizado no Município de Teresina-PI, compreendendo os solos do Parque Potycabana, Parque da Cidadania, Complexo Turístico Ponte Estaiada, Parque da Cidade e do Centro de Ciências Humanas e

Letras (UFPI), e é motivado pelas supostas alterações ambientais provocadas pelo crescimento econômico e populacional da cidade e visa entender a qualidade do solo envolvida dentro de cada ponto estabelecido através da análise dos indicadores a serem abordados.

De acordo com Lei Nº 4.632 de 26 de setembro de 2014 da prefeitura de Teresina, são consideradas como áreas verdes: praças; jardins; academias populares; parques naturais; parquinhos infantis; rotatórias; canteiros; logradouros públicos; áreas de ginástica, esporte e lazer. Dentro das cidades, elas proporcionam uma melhor qualidade de vida para a população e conservação da natureza.

A escolha do Parque Potycabana, do Parque da Cidade e da Ponte Estaiada, motivou-se por estarem localizados às margens do Rio Poti, consideradas Áreas de Preservação Permanente (APP's) conforme o código florestal (2012) Art. 4º; o Parque da Cidadania por ser bastante visitado pelos teresinenses; e o bosque do CCHL por aparentar ser uma área menos afetada pelas ações antrópicas, pois a vegetação está em regeneração há algumas décadas. A importância desta pesquisa está relacionada à contribuição de um diagnóstico e a uma ampliação dos conhecimentos sobre os solos urbanos de Teresina.

A necessidade de se conhecer a qualidade dos solos em que se tem direto contato nessas áreas, além da importância de um desenvolvimento sustentável na cidade, são aspectos que justificam a presente pesquisa. Portanto, o objetivo desse trabalho foi realizar um levantamento de alguns indicadores da qualidade dos solos em cinco áreas verdes da cidade de Teresina, PI.

METODOLOGIA

Caracterização da área de estudo

As áreas verdes estudadas localizam-se no município de Teresina, capital do Estado do Piauí e é banhada por dois rios, Rio Poti e Rio Parnaíba. Conforme o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2020), o município apresenta uma área territorial aproximada de 1.391,046 km² e em 2020 a população era estimada em 868.075 moradores.

Com relação ao clima, Teresina caracteriza-se por ser do tipo tropical subúmido quente (Aw'), segundo a classificação de Köppen, tendo apresentado média anual de precipitação de 1.335,5 mm no período 1980-2015; de evapotranspiração de referência 4,7

(Penman-Monteith - mm); 28,2 °C de temperatura e 69,7% de umidade relativa do ar (MENESES; MEDEIROS; SANTOS, 2016; BASTOS; ANDRADE JÚNIOR, 2018).

Com relação aos aspectos geológicos, a capital possui no seu território a Formação Pedra de Fogo (Permiano), basicamente composta por arenitos, siltitos e folhelhos e a Formação Pastos Bons, localizada em uma pequena área mais a sudeste do município, composto de siltito e folhelho de coloração variegada, intercalados por camadas delgadas de arenito argiloso. As margens dos rios ocorrem terraços aluviais formados por sedimentos recentes (RAMDAMBRASIL, 1973; LIMA, 2011).

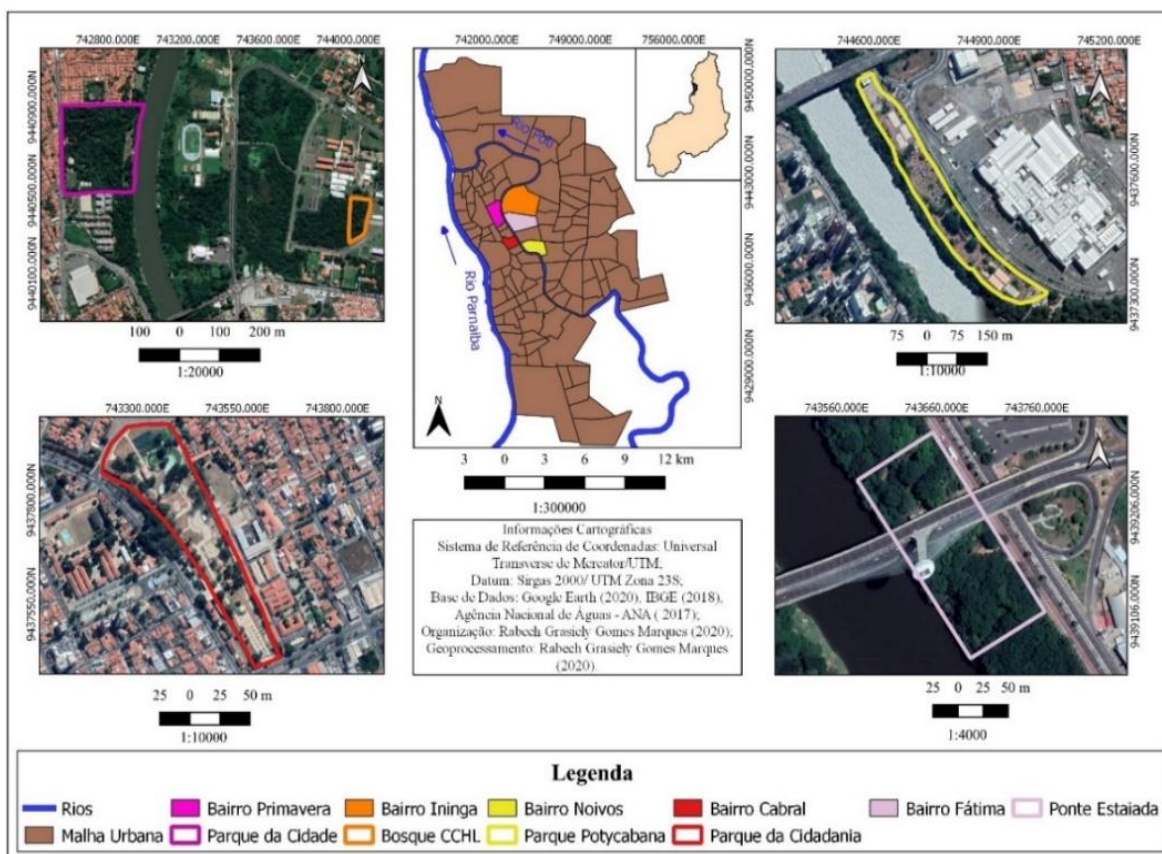
A vegetação de Teresina é predominantemente floresta decidual secundária mista e cerrado, com ou sem babaçu. O relevo apresenta-se sendo do tipo plano ou suave ondulado e ocorrência esporádica de depressões, morros e outeiros, nas zonas nordeste e centro-sul da cidade. Com relação aos solos, na capital, há a predominância de LATOSSOLOS e ARGISSOLOS, sendo o segundo tipo em menor proporção (MORAES, 2004).

Teresina é considerada como a “Cidade Verde”, título dado pelo poeta maranhense Coelho Neto ao visitar a cidade em 1899 e encontrar a existência de uma significativa cobertura vegetal. Apesar do município ter diminuído o seu verde com o passar dos anos, devido ao crescimento urbano, a capital ainda possui algumas áreas verdes que podem ser contempladas pela população como as estudadas nesse trabalho.

A área de estudo compreende cinco áreas verdes da cidade de Teresina, conforme pode ser observado na figura 1. Na figura 2 são apresentadas fotografias dos pontos coletados em cada área de estudo.

O Parque Estação da Cidadania (Figuras 1 e 2A) Maria do Socorro Macedo Claudino, conhecido como Parque da Cidadania, está localizado próximo à Avenida Frei Serafim, no Bairro Cabral. Na localidade é percebida uma grande área verde coberta por grama e árvores, tornando o local bastante agradável. Além da vegetação, no parque também há locais com pavimentação de cimento e blocos de concreto. Ainda com relação à infraestrutura essa área apresenta: um espelho d'água, os museus do Inconsciente e de Arte Santeira, um anfiteatro, uma pista de skate, ciclovias, *playground*, academia comunitária, lago artificial, quadra de futebol, quiosques (lanchonetes), um estacionamento externo, guarita, jardins, fontes, área de recreação e dois bebedouros.

Figura 1- Mapa de localização e delimitação das áreas de estudo.



Banco de dados: IBGE (2018), Google Earth (2020), ANA (2017). Geoprocessamento: Rabech Grasiely Gomes Marques (2020).

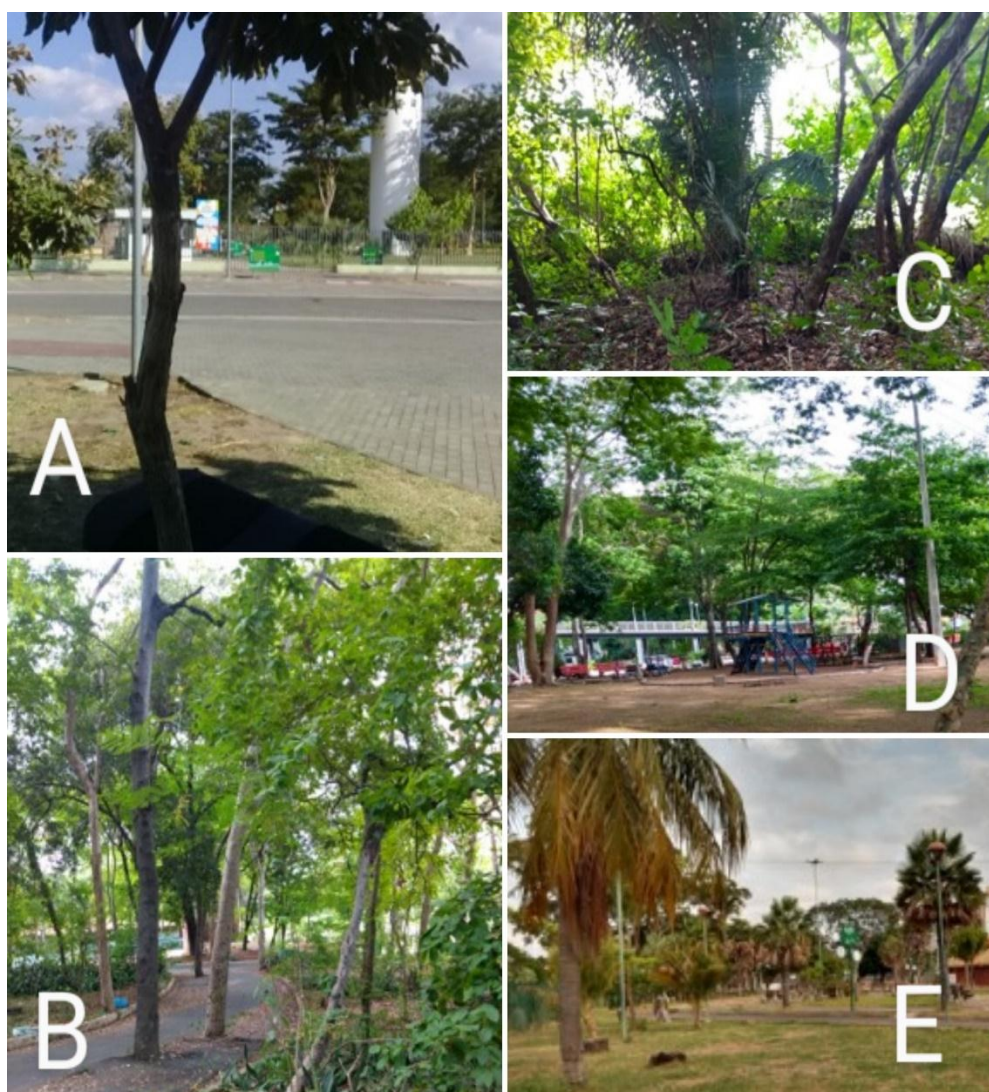
Localizado na Avenida Duque de Caxias, Bairro Primavera (Figura 01), o Parque Prefeito João Olímpio Mendes de Melo, conhecido popularmente como Parque da Cidade, está próximo à margem esquerda do Rio Poti. Característica bem visível no Parque da Cidade é a existência de uma densa cobertura vegetal (figura 02B), além de dispor para seus visitantes: campo de futebol, quadra esportiva, campo de areia, pistas asfaltadas para praticar ciclismo, caminhadas ou corridas, área destinada a banhos (cascão) e também utilizada para shows artísticos, culturais e palestras. Dentro do parque também está instalado o posto do Batalhão Ambiental.

O Bosque do Centro de Ciências Humanas e Letras (CCHL) está localizado dentro da Universidade Federal do Piauí (UFPI), no Bairro Ininga (Figura 01), dentro do bloco do CCHL e corresponde ao local menos modificado pelas ações antrópicas. Mesmo dentro da universidade, a área que corresponde ao bosque é uma mata secundária e apresenta poucos indícios de modificação antrópica, sendo observado que no passado houve tráfico de máquinas e artefatos são observados (Figura 2C).

O Complexo Turístico Ponte Estaiada (figura 2D) e o Parque Potycabana (figura 2E) localizam-se próximos a margem direita do Rio Poti. O Parque Potycabana possui áreas de lazer com pistas de skate, palcos para shows, quadras de esporte, pistas para prática de ciclismo, corridas e caminhadas (todas pavimentadas), mas a vegetação do parque se difere da encontrada naturalmente em Teresina.

Já o Complexo Turístico Mirante Ponte Estaiada está em frente à Avenida Raul Lopes, nesta área está localizada a Ponte Estaiada. Embaixo da ponte também é encontrado um parquinho para as crianças, assim como bancos, para as pessoas aproveitarem o local. Foi observado no local solo exposto, ou seja, áreas em que houve a retirada da vegetação (figura 2D).

Figura 2- Fotografias dos pontos de coleta nas áreas. A- Parque da Cidadania. B- Parque da Cidade. C- Bosque de CCHL/UFPI. D- Ponte Estaiada. E- Parque Potycabana.



Fonte: R.G.G.Marques (2019).

Procedimentos Metodológicos

Para a amostragem, foram observados, dentro de cada área verde, locais representativos para realizar a coleta. A profundidade escolhida foi de 0–10 cm, já que nela há uma maior atividade das raízes das plantas e é a camada mais afetada por atividades antrópicas. Com o auxílio de uma pá e um enxadão, foram coletadas amostras simples em cinco pontos aleatórios, formando uma amostra composta. Após esse procedimento, as amostras compostas foram secas ao ar, seguida de destorroamento, peneiramento e pesagem (TEIXEIRA et al., 2017).

Para as análises da densidade do solo foram coletadas amostras indeformadas com o auxílio do anel de *Koppeck*, seguida de três repetições. As mesmas foram secas em estufa a 105 °C e posteriormente pesadas. Para facilitar a nomenclatura as amostras foram identificadas em: PM (Parque da Cidade), CD (Parque da Cidadania), PY (Parque Potycabana), BO (Bosque CCHL), PO (Ponte Estaiada).

As análises foram feitas no Laboratório de Solos e Sedimentos da UFPI/CCHL, utilizando-se o Manual de Métodos de Análises de Solos da Embrapa (TEIXEIRA et al., 2017) e o Kit Técnico de Solo da Alfakit (<https://alfakit.com.br/produtos/kit-tecnico-de-solo-cod-2323/>). Para análises dos micronutrientes, foi realizada a extração na UFPI e leitura em espectrofotômetro de absorção atômica no Laboratório da Embrapa Meio Norte em Teresina-PI. Assim, as análises e os métodos utilizados foram os seguintes:

- 1) **Densidade do solo** – A densidade do solo foi feita através do método do cilindro/anel volumétrico com volume de 120,6 cm³. As amostras indeformadas, secas e pesadas tiveram a densidade do solo calculada segundo a seguinte equação:

$$D_s = \frac{ma}{v}$$

Em que:

D_s – densidade do solo, em kg dm⁻³ (equivalente a g cm⁻³).

ma – massa da amostra de solo seco a 105 °C até peso constante, em g.

v – Volume do anel volumétrico, em cm³

- 2) **Granulometria** – Para as análises granulométricas foi utilizado o método da pipeta proposto por EMBRAPA (1997). No qual é adicionada uma solução de hidróxido de sódio ao solo e esperado o tempo para a dispersão das partículas. Para a separação da

argila, pipetou-se um volume da suspensão que foi levada em estufa e pesada após secagem. As areias fina e grossa foram separadas por tamisação, secas em estufa e pesadas para obtenção dos respectivos percentuais. O silte foi obtido por diferença das outras frações (areia total e argila).

- 3) **Micronutrientes (ferro, manganês, cobre e zinco)** - Para as análises dos micronutrientes foram utilizados dois métodos diferentes, sendo um em ácido forte (água régia) e modificado por Fadigas (2002), utilizando o micro-ondas doméstico e aquecendo a solução a cada 1min, e o outro por meio do extrator Mehlich I (TEIXEIRA et al., 2017). As leituras em absorção atômica foram feitas no laboratório da Embrapa Meio Norte.
- 4) **Carbono Orgânico** – Foi utilizado o método proposto por Teixeira et al. (2017), em que, o C é determinado pela oxidação com o dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$) em meio ácido sulfúrico adicionado a amostra de solo, e apenas aquele proveniente de materiais orgânicos facilmente oxidáveis ou decomponíveis é quantificado através da titulação por cátion ferroso (do dicromato remanescente).
- 5) **pH em água** - para determinação do pH em água utilizou-se o potenciômetro em suspensão sólido/líquido na proporção 1:2,5. Seguindo a metodologia de Teixeira et al. (2017) foi adicionado 10g de solo em copo plástico e adicionada água destilada, em seguida agitou-se a solução com o bastão de vidro e posteriormente deixada em repouso, após o tempo estimado a leitura do pH foi feita utilizando o potenciômetro.
- 6) **Condutividade Elétrica**- Com a mesma solução que foi feita a leitura do pH utilizou-se o potenciômetro para fazer a leitura da condutividade elétrica.
- 7) **Alumínio, potássio, cálcio, magnésio, fósforo, nitrito, nitrato, amônia, nitrogênio total mineral**– foram feitas as análises utilizando o método trocável. Foram seguidas as instruções contidas no manual de instruções do Kit Técnico de Solo (Alfakit).

No presente artigo também é apresentada a análise estatística multivariada dos componentes principais (PCA), utilizada para verificar inter-relações de um grande número de variáveis. Esta análise multivariada é baseada nas combinações lineares das variáveis originais. O novo conjunto de variáveis ou componentes principais (CP's), são ortogonais entre si e, portanto, não correlacionadas. As primeiras componentes principais explicam a maior parte da variância total e podem ser usadas para representá-lo (MOURA et al., 2006).

Para a obtenção dos resultados, os dados foram tabulados no programa Excel 2010, para serem feitas estatísticas básicas e uma matriz de correlação e a partir disso a PCA foi feita utilizando o programa R (R CORE TEAM, 2020).

Na análise dos componentes principais foram utilizados os resultados de todas as variáveis analisadas nesse trabalho, com exceção das que não apresentaram variabilidade. A partir disso foram gerados gráficos com os autovalores para os dois primeiros componentes principais (CP's). Sendo autovalores considerados como peso de cada CP, já que as duas primeiras foram as que tiveram maior peso, foram as escolhidas para explicar os dados. Tal metodologia foi utilizada por Gomes et al. (2004) e Moura et al. (2006) nos estudos dos atributos solos do cerrado e de Teresina, respectivamente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Atributos dos solos estudados

A análise granulométrica revelou que quatro dos solos estudados têm textura média e um tem textura arenosa (quadro 01). O BO é o local que apresenta o maior teor de areia fina com 579 g.kg⁻¹ e o CD, o maior valor de areia grossa (473,5 g.kg⁻¹) e argila (125,7 g.kg⁻¹), indicando pouca argila nos solos estudados. O PM e o PY são as áreas que apresentam os maiores teores de silte com 294,1 e 284,0 g.kg⁻¹, respectivamente.

Quadro 01- Características físicas dos solos estudados da profundidade de 0-10 cm.

Áreas Verdes	Composição granulométrica (g. kg ⁻¹)				Classificação textural	Densidade (g cm ⁻³)
	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila		
PM	173	416,5	294,1	116,4	Franca	1,2
CD	437,5	323	113,8	125,7	Franco Arenosa	1,4
PY	111,5	529	284,0	75,5	Franco Arenosa	1,3
PO	159	480	278,2	82,8	Franco Arenosa	1,3
BO	234,5	579	110,5	76	Areia Franca	1,2

PM – Parque da Cidade; CD – Parque da Cidadania; PY – Parque Potycabana; PO – Ponte Estaiada; BO – Bosque. Elaborado por: R. G. G. Marques (2021).

A compactação ocorre devido ao uso inadequado e intensivo do solo e pode ser analisada através da densidade, ou seja, solos mais compactados tendem a possuir densidades elevadas. Em solos brasileiros a densidade do solo tem média de $1,36 \text{ g cm}^{-3}$, variando de $0,13$ a $2,25 \text{ g cm}^{-3}$ (BENITES et al., 2007).

Dentre os solos analisados, todos apresentam densidades próximas. O CD foi a área verde que apresentou a maior densidade com $1,4 \text{ g cm}^{-3}$. Esse resultado ocorre devido às amostras coletadas estarem próximas ao estacionamento, o que explica o maior valor encontrado nesse local. O BO e o PM apresentaram a menor densidade com $1,2 \text{ g cm}^{-3}$. Isso dá-se pelo fato de o BO não receber visitas frequentes, enquanto que o Parque da Cidade, apesar de ser bastante visitado, possuir as vias pavimentadas, que são utilizadas pela população para trânsito interno.

Na Tabela 01 tabela 1 são apresentados os resultados das análises químicas realizadas nos solos estudados.

Tabela 01- Características químicas dos solos estudados na profundidade de 0-10 cm.

	Áreas Verdes					Médias
	PM	CD	PY	PO	BO	
pH	5,8	5,8	7,9	7,1	5,7	6,4
CE (dS m^{-1})	0,1	0,1	0,3	0,1	0,2	0,16
K (cmolc.kg^{-1})	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,16
Ca (cmolc.kg^{-1})	1,4	2,4	4,5	4,1	2,2	2,9
Mg (cmolc.kg^{-1})	3,6	2,8	5,0	3,4	3,2	3,6
P (mg.kg^{-1})	0,0	6,5	19,5	5,7	4,9	7,3
C (g.kg^{-1})	16,5	12,3	8,4	4,1	10,1	10,3
Al (cmolc.kg^{-1})	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
NH ₃ (mg L^{-1})	20	20	20	20	20	20
NO ₂ ⁻ (mg L^{-1})	0,3	0,1	2,0	0,0	0,0	0,5
NO ₃ ⁻ (mg L^{-1})	6,7	6,9	23,0	3,0	10,0	9,9
NT (mg L^{-1})	27	27	45	23	30	30,4

PM – Parque da Cidade; CD – Parque da Cidadania; PY – Parque Potycabana; PO – Ponte Estaiada; BO – Bosque. Elaborado por: R.G.G. Marques (2021).

Os valores de pH em água variaram de 5,7 a 7,9 com média de 6,4 (Tabela 01 tabela 01). Os solos do PY e da PO (ambas as localidades se encontram próximas a margem direita do rio Poti) localizados em terraços aluviais, foram os que apresentaram os maiores valores de pH, com 7,9 e 7,1, respectivamente, podendo indicar uma alta concentração de carbonatos (SOBRAL et al., 2015). Ainda com relação ao pH, os valores encontrados para o Bosque do CCHL foi de 5,7 e 5,8 para o PM e CD. Valores considerados satisfatórios visto que pH

superior a 5,5 é o valor geralmente tomado como limite inferior para o desenvolvimento adequado da maioria das plantas cultivadas. (VALLADARES et al., 2008).

Os teores de alumínio (Al^{+3}) apresentaram-se baixos, com todos os valores a $0,1 \text{ cmol}_c.\text{kg}^{-1}$, refletindo os valores de pH, que nessa faixa causam precipitação desse cátion (VALLADARES et al., 2008). Altas concentrações de alumínio nos solos podem afetar no desenvolvimento das plantas, no caso das áreas estudadas este elemento não compromete o desenvolvimento das mesmas.

A condutividade elétrica (CE) (Tabela 01) não apresentou grandes variações e seus valores foram considerados baixos. O parque PY apresentou o maior valor com CE igual a $0,3 \text{ dS m}^{-1}$, seguindo pelo BO ($0,2 \text{ dS m}^{-1}$). PM, CD e PO obtiveram os mesmos valores ($0,1 \text{ dS m}^{-1}$).

De acordo com Santos et al. (2018) este atributo pode indicar caráter sálico e salino nos solos. Solos sálicos têm a condutividade elétrica no extrato de saturação igual ou maior que 7 dS m^{-1} , enquanto que os salinos possuem condutividade elétrica do extrato de saturação igual ou maior que 4 dS m^{-1} e menor que 7 dS m^{-1} . Mas salienta-se que somente a CE não é suficiente para determinar a presença ou não dos caracteres salino e sálico; tendo a necessidade de se analisarem os sais solúveis presentes, pois o horizonte sulfúrico pode apresentar valores de $4,0 \text{ dS m}^{-1}$ e $3,5 \text{ dS m}^{-1}$, como ocorreu em determinados solos da Usina Coruripe, em Alagoas.

O PY e a PO apresentaram os maiores valores de cálcio (Ca), com $4,5$ e $4,1 \text{ cmol}_c.\text{kg}^{-1}$ e o PM o menor valor ($1,4 \text{ cmol}_c.\text{kg}^{-1}$). Já nos valores de Magnésio (Mg) (Tabela 01), o PY apresenta a maior concentração, com $5,0 \text{ cmol}_c.\text{kg}^{-1}$ e o PM a menor ($2,8 \text{ cmol}_c.\text{kg}^{-1}$). Segundo Valladares et al. (2007) e Cruz et al. (2018), valores de Ca e Mg superiores a $1,5 \text{ cmol}_c.\text{kg}^{-1}$ são considerados elevados, portanto, a elevada concentração de ambos os elementos nas amostras, revela o resultado do manejo.

No PY, PO e no BO, os valores de potássio foram de $0,1 \text{ cmol}_c.\text{kg}^{-1}$. No PM o teor de potássio é o maior ($0,3 \text{ cmol}_c.\text{kg}^{-1}$) seguido pelo CD ($0,2 \text{ cmol}_c.\text{kg}^{-1}$), considerados moderados (VALLADARES et al., 2007; CRUZ et al., 2018). A baixa concentração de K no solo pode ser resultado dos materiais de origem pobres no nutriente. O cálcio e o magnésio podem ser adsorvidos a cargas que seriam ocupadas pelo potássio podendo ser lixiviado para fora do alcance das raízes (SOBRAL et. al, 2015). Esse fenômeno também poderia resultar em menores valores de K.

Os teores de fósforo (P) encontrados nas amostras variam de zero (PM) a $19,5 \text{ mg}.\text{kg}^{-1}$ (PY), com média de $7,3 \text{ mg}.\text{kg}^{-1}$. No CD, PO e BO, os teores de fósforo foram de: $6,5$; $5,7$ e

4,8 mg.kg⁻¹, respectivamente, valores considerados baixos, conforme Holanda (2017), pois de maneira geral teores abaixo de 10 são considerados baixos.

Os teores de carbono orgânico (C) encontrados nas áreas estudadas foram de 16,5 g.kg¹ para o PM; 12,3 g.kg¹ no CD; 8,4 g.kg¹ no PY; 10,1 g.kg¹ no BO e de 4,1 g.kg¹ para a PO, com média de 10,32 g.kg¹ de carbono.

A quantidade de carbono orgânico encontrado na PO é a mais baixa caracterizando-o como um horizonte A fraco devido ao teor de carbono ser inferior a 6 g.kg¹ (SANTOS et al., 2018). Tal condição dá-se, provavelmente, devido as ações antrópicas com a retirada de vegetação entorno da ponte para construção de uma academia pública. Apesar de o BO ser a área mais preservada, o PM e o CD apresentaram valores mais elevados de carbono orgânico.

O PY apresentou os maiores valores de nitrato (NO₃⁻), nitrito (NO₂⁻) e nitrogênio total mineral (NT), com 23 mg L⁻¹; 2 mg L⁻¹; 45 mg L⁻¹, respectivamente. No geral, os valores de nitrito mostraram-se baixos (0,10- 0,30 mg L⁻¹), em que, o BO e a PO apresentaram concentrações igual a zero e os parques PM e CD tiveram valores de 0,3 e 0,1 mg L⁻¹, somente a PY apresentou concentração de 2,0 mg L⁻¹.

Devido ao nitrato ser um ânion, não é retido em solos cujo predomínio de cargas seja negativa, por isso há um grande potencial para ser lixiviado, podendo contaminar as águas subterrâneas (KEMERICH, 2014). Conforme os resultados, o PY e o Bosque apresentaram altos teores de nitrato com 23 mg L⁻¹ e 10 mg L⁻¹ (10- 25 mg L⁻¹), já os parques da PM e CD obtiveram valores médios, 6,7 e 6,9 mg L⁻¹ (05- 07 mg L⁻¹) e a PO concentração baixa 3 mg L⁻¹ (01- 03 mg L⁻¹).

A amônia (NH₃) não apresentou variação, com todas as amostras a 20 mg L⁻¹, apresentando valores altos, com base no manual de análises do alfakit. De acordo com Kemerich (2014), concentrações muito elevadas de amônia no solo podem aumentar a toxicidade dos efluentes, afetando o metabolismo de microrganismos e os peixes. Contudo, torna-se necessária a investigação do acúmulo dessas substâncias em diferentes profundidades nas áreas estudadas para verificar se há ou não toxicidade nos solos estudados.

a. Dentre os micronutrientes analisados, extraídos com água régia (teores pseudo-totais) e Mehlich 1 (biodisponíveis), apresentados na Tabela 02. A extração de Mn com água régia mostrou-se pouco eficiente, visto que em algumas amostras os teores foram inferiores aos determinados pelo Mehlich 1. Conforme Saldanha et al., (1997), o método da água régia tem pouca eficiência para a extração desse micronutriente.

Tabela 02- Valores pseudo-totais (água régia) e biodisponíveis (Mehlich 1) de ferro, zinco, manganês e cobre dos solos estudados.

Amostra	Fe (mg.kg ⁻¹)	Zn (mg.kg ⁻¹)	Mn (mg.kg ⁻¹)	Cu (mg.kg ⁻¹)
Água Régia				
PM	1027,23	5,61	0,71	1,50
CD	1067,88	2,20	0,68	1,26
PY	1112,34	7,15	50,05	2,43
PO	1238,03	7,38	58,64	2,67
BO	543,37	9,43	3,25	1,20
Mehlich 1				
PM	39,57	2,87	19,82	0,43
CD	36,86	2,24	10,30	0,36
PY	25,44	4,40	26,11	1,01
PO	44,07	2,20	26,34	1,09
BO	23,99	2,80	7,39	0,31

Elaborado por: R.G.G. Marques (2021).

Fadigas (2002) afirma que em relação a outros elementos, as concentrações de Mn e Fe, geralmente são as que apresentam valores mais expressivos nos solos, especialmente os teores de Fe.

O Fe e o Mn apresentam elevada capacidade adsorbtiva de elementos traços e regulam a mobilidade e o transporte de íons em diversos compartimentos do ecossistema (KUCHARSKI et al., 2011), ou seja, a concentração desses elementos no solo pode influenciar na disponibilidade de outros metais pesados, como o cádmio (Cd), paládio (Pd), níquel (Ni) e cromo (Cr), que têm sido, normalmente, associados à poluição e ao risco ecológico.

Como apresentado no Tabela 02, o PY e PO foram as áreas que apresentam as maiores concentrações pseudo-totais de Fe, mas, quando é observado os teores disponíveis para as plantas, o PM, CD e PO são as que apresentam as maiores concentrações.

Além das concentrações totais de Fe a PY e PO também possuem as maiores concentrações totais e disponíveis de Cu, tal fato pode ser explicado devido à proximidade de ambas as áreas a avenida Raul Lopes, em que a concentração poluição ocasionada pelos automóveis podem ter contribuído para suas concentrações. Já para o Zn o BO é o que possui a maior concentração total, mas é a PY que apresenta a maior disponibilidade para as plantas.

Quando comparados os resultados de Cu e Zn com os valores de referência da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental CETESB (2005) (Tabela 03), que os utilizam na prevenção da poluição de solos e água subterrânea, bem como no controle de

áreas contaminadas para o Estado de São Paulo, com os valores de referência propostos por Biondi (2010) e pela COPAM (2011) para Minas Gerais, os teores nas áreas estudadas também se mostraram baixos.

Tabela 03- Valores de referência de qualidade para alguns metais dos solos dos Estados de Pernambuco (Biondi, 2010), São Paulo (Cesteb, 2005) e Minas Gerais (COPAM, 2011) e valores orientadores de prevenção (VP) segundo Conama (2009).

	Cu (mg kg ⁻¹)	Zn (mg kg ⁻¹)
Pernambuco	5	34,5
São Paulo	35	60
Minas Gerais	49	46,5
VP	60	300

Fonte: SBCS (2013).

No Boletim publicado em 2013 pela Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS), há um informe de professores da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), em que estes relatam desconhecer projetos que propusessem valores referência para os Estados do Piauí, Maranhão, Ceará e Sergipe, assim, alertando que estudos voltados para esses valores são de extrema importância, já que a concentração natural desses metais em cada solo é diferente, devido, ao material de origem e a processos pedogenéticos que alteram suas concentrações.

Comparando os teores biodisponíveis encontrados com os fornecidos por Holanda et al., (2017), para solos do Rio Grande do Norte, todas as áreas apresentaram concentrações altas de Zn (> 1,6 mg.kg⁻¹) e manganês (> 5,0 mg.kg⁻¹), já para o Cu, o BO e os parques da CD e PM apresentaram valores baixos (≤ 0,40 mg.kg⁻¹) e para o PY e a PO o elemento encontra-se alto (>0,80 mg.kg⁻¹). Todos os locais apresentaram quantidades altas de ferro (> 12 mg.kg⁻¹).

Segundo Alvarez V. et al. (1999), literatura utilizada como referência para solos de cerrado pelo método Melich 1 (RESENDE, 2005), os teores de Fe para PY e BO estão adequados e para as demais áreas verdes estão elevados (> 30 mg.kg⁻¹). Para todos os solos os teores de Zn foram considerados elevados (> 1,5 mg.kg⁻¹). Para o Mn somente o BO tem teores adequados, as demais áreas verdes os teores são elevados (> 8 mg.kg⁻¹). Para Cu os solos de PY e PO tem teores adequados e é considerado baixo nos demais solos (< 0,8 mg.kg⁻¹).

Análise dos Componentes Principais – PCA

Como a análise dos componentes principais (PCA) é uma análise multivariada e é utilizada para verificar inter-relações de um grande número de variáveis. Assim, os teores de amônia (NH₃) e alumínio (Al) não foram considerados, pois não apresentaram variabilidade.

Com base na análise estatística, obtiveram-se autovalores, porcentagem da variância explicada e proporção acumulada (Tabela 04). Os dois primeiros componentes foram responsáveis por 74,1 % da variância total, em que o Dim1 explicou 49,6 % e o Dim2 24,5 %. A Dim3 e Dim4 apresentam apenas 15% e 11% da variação dos dados.

Tabela 04 - Estimativas de componentes principais (CP's), autovalores (AV), porcentagem por variância explicada e proporção acumulada (%).

Componente Principal	AV	AV (%)	% Acumulada
Dim1	10,9	49,5	49,5
Dim2	5,3	24,4	74,0
Dim3	3,2	14,8	88,8
Dim4	2,4	11,1	100,0

Elaborado por: R.G.G. Marques (2021).

Na Tabela 05 são apresentadas as variáveis melhor explicadas nos primeiros quatro componentes. Na componente principal Dim1 é observado que a argila (G) possui correlação negativa com o pH, P, NO₃⁻, NO₂⁻, N, Ca, Mg, Mn pseudo-total, Cu pseudo-total, Zn, Cu e Mn biodisponíveis, ou seja, os solos que apresentaram mais argila possuíram menores concentrações desses macros e micronutrientes, além de um pH mais ácido, indicado pelo valor negativo da G e positivo dos demais.

Na Dim2 são explicadas as viráveis: condutividade elétrica (CE), areia total (AT), e ferro biodisponível e pseudo-total. A CE e a AT apresentam correlação positiva entre si, mas apresentam correlação negativa com os teores de ferro, indicando que os solos mais arenosos possuem menores concentrações de ferro. Na Dim3 são explicados o K e o C, que possuem correlação positiva e na Dim4 é explicada a densidade (Ds) e o Znf que apresentam correlação inversa.

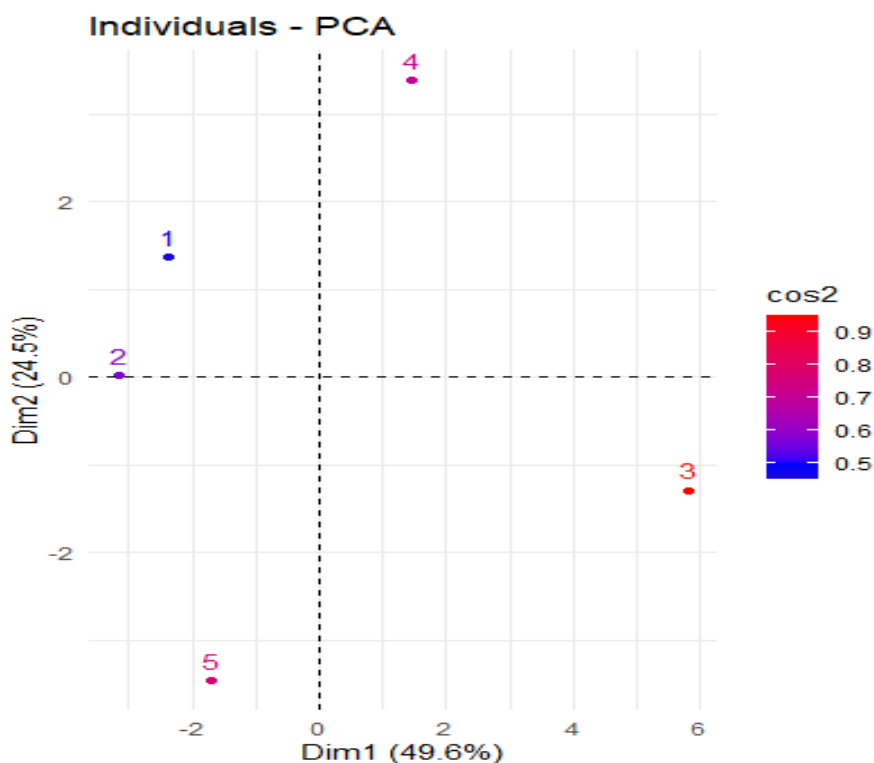
Tabela 05- Variáveis melhores explicadas em cada componente principal.

	Dim1	Dim2	Dim3	Dim4
C			0.75110447	
pH	0.97950504			
CE		-0.74221499		
P	0.86322846			
K			0.72443780	
NO3	0.72939578			
NO2	0.83641040			
N	0.74421525			
Ca	0.89224288			
Mg	0.89648369			
Fef*		0.82463260		
Znf*				-0.68795123
Mnf*	0.85232312			
Cuf*	0.82345373			
Fem**		0.95032763		
Znm**	0.76307793			
Mnm**	0.74924443			
Cum**	0.85448169			
Ds				0.99416023
SIL				
G	-0.69180974			
AT		-0.68654347		

*teores pseudo-totais **teores biodisponíveis. Elaborado por: R.G.G. Marques (2021).

A Figura 3 mostra o gráfico das duas primeiras CP's responsáveis pelas maiores variabilidades. Os pontos 1 (PM) e 2 (CD) se agruparam, ocupando o mesmo quadrante, sendo consideradas bem semelhantes. Isso se dá pelo fato de a maioria das variáveis apresentarem valores próximos nas análises de pH, K, NO₃⁻, NO₂⁻, NT, Fef, Mnf e Cuf. Os pontos 3 (PY), 4 (PO) e 5 (BO) ocupam quadrantes diferentes, logo, os solos se diferem.

Figura 03 - Gráfico dos escores da componente principal Dim1 *versus* componente principal Dim2 para os pontos amostrais.



1-Parque da Cidade; 2-Parque da Cidadania; 3- Parque Potycabana; 4-Ponte Estaiada; 5-Bosque. Elaborado por: Marques (2021).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O horizonte superficial dos solos não se difere muito quanto à classe textural, sendo classificados como textura média ou arenosa, predominando a fração areia e não apresentam grau de compactação expressivo.

As áreas verdes não apresentam caráter sálico e salino e possuem pH e concentrações de Al favoráveis para o desenvolvimento das plantas. Os teores de carbono variaram de baixos a elevados, indicando alta variabilidade, reflexo do manejo com o solo dentro das áreas estudadas, assim como os valores de Ca e Mg.

A amônia não apresentou variabilidade, mas, indica altas concentrações. O nitrato e o nitrito, apresentaram valores de baixos a altos. Contudo, torna-se necessária a investigação das concentrações dessas substâncias em profundidade, pois se desconhecem trabalhos voltados para o estudo da variação em profundidade desses elementos nos solos de Teresina e o acúmulo em grandes profundezas pode contaminar os mananciais.

A extração de Mn utilizando o método por água régia mostrou-se ineficiente. Para os demais micronutrientes concluiu-se que eles não apresentam nível de contaminação. O método que avalia os teores biodisponíveis revelou que as cinco áreas verdes possuem altas concentrações de Zn e Mn, mas não considerados valores críticos.

A PCA revelou que os parques PM e CD são as áreas que possuem os solos mais semelhantes entre si. É um método estatístico para o estudo dos solos.

É importante que se monitore a qualidade do solo, principalmente dos parques que se encontram as margens do rio Poti, pois são considerados uma APP (Área de Preservação Permanente) sendo importante a preservação da vegetação dessas áreas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVAREZ V., V.H.; NOVAIS, R.F.; BARROS, N.F.; 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. (eds.) **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**: 5ª aproximação. Viçosa: CFSEMG, 1999. p.25-32.

ARAÚJO, R.; GOEDERT, W. J.; LACERDA, M. P. C. QUALIDADE DE UM SOLO SOB DIFERENTES USOS E SOB CERRADO NATIVO. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 5, p. 1099-1108, 2007. Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180214062025>. Acesso em: 15 mar. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NRBR ISO 14001**. 2004. Disponível em: <http://www.qsp.org.br/pdf/o_que_mudou_iso_14001.pdf>. Acesso em: 12 ago. 2020.

BASTOS, E. A.; ANDRADE JÚNIOR, A. S. de. **Boletim Agrometeorológico de 2016 para o Município de Teresina, PI**. EMBRAPA Meio Norte, 2018. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/185846/1/Doc245Boletimteresina.pdf>. Acesso em: 29 jun. 2021.

BENITES, V. M., MACHADO, P. L., FIDALGO, E. C., COELHO, M. R., & MADARI, B. E. Pedotransfer functions for estimating soil bulk density from existing soil survey reports in Brazil, **Geoderma**, v, 139, n, 1, p, 90-97, 2007.

BOLETIM INFORMATIVO SOCIEDADE BRASIELIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. **Solos Contaminados no Brasil**: o desafio de definir valores de referência. Campinas, n.38, v.01, 2013. Disponível em: https://www.sbcs.org.br/wp-content/uploads/2013/05/boletim_sbcs_I_2013_otimizado.pdf. Acesso em: 03 jan. 2021.

BRASIL. **LEI Nº 12.651, DE 25 DE MAIO DE 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-

2014/2012/lei/112651.htm#:~:text=de%20Preserva%C3%A7%C3%A3o%20Permanente,Art., para%20os%20efeitos%20desta%20Lei%3A&text=I%20%2D%20as%20faixas%20marginais%20de,n%C2%BA%2012.727%2C%20de%202012). Acesso em: 23 jun. 2021.

COSTA, A de F. S. da et al. Qualidade dos Solos. In: COSTA, A de F. S. da; COSTA, A. N da. **Valores orientadores de qualidade de solos no Espírito Santo**. Vitória, ES: Incaper, 2015, p. 33-53. Disponível em: <https://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/bitstream/item/1073/1/BRT-valores-orientadores-qualidade-de-solos-acosta.pdf>. Acesso em: 10 out. 2019.

CHAVES, E. V. **Absorção de metais pesados de solos contaminados do aterro sanitário e polo industrial de Manaus pelas espécies de plantas Senna multijuga, Schizolobium amazonicum e Caesalpinia echinata**. 2008. Tese (Doutorado em Biotecnologia). Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2008. Disponível em: <https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/3107>. Acesso em: 01 abr. 2020.

CRUZ, N. N. de L et al. DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA QUALIDADE DOS SOLOS DA CAPTA-FRUTAS EM JUNDIAÍ, SÃO PAULO. **Revista Equador (UFPI)**, v. 7, nº 2, p.147 – 161, 2018. Disponível em: <https://revistas.ufpi.br/index.php/equador/article/view/8208>. Acesso em: 17 dez. 2020.

DONAGEMA, G. K.; CAMPOS, D. V. B. de; CALDERANO, S. B.; TEIXEIRA, W. G.; VIANA, J. H. M. (Org.). **Manual de métodos de análise de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011.

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D. C; BEZDICEK, D. F.; STEWART, B. A. Defining Soil Quality for a Sustainable Environment. **Soil Science Society of America**. Madison,Wis USA, 1994, p. 3-21.

DORAN, J.W., ZEISS, M.R. Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality. **Applied Soil Ecology** 15. 2000, p. 3–11. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0929-1393\(00\)00067-6](https://doi.org/10.1016/S0929-1393(00)00067-6). Acesso em: 31 mar. 2020.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análises de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa, 1997. 212p

FADIGAS, F. S. **Estimativa das concentrações naturais (pseudo-total) de Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb e Zn em solos brasileiros e proposição de valores de referência utilizando técnicas da estatística multivariada**. 2002. Tese (Doutorado em Agronomia) – Curso de Pós-Graduação em Agronomia. Universidade Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2002.

GOMES, J. B. V. et al. Análise de componentes principais de atributos físicos, químicos e mineralógicos de solos do bioma cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 1, p. 137-153, 2004. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/YqNHPQbCSVL4s4ZbVnmYsKQ/?lang=pt>. Acesso em: 04 maio. 2021

HOLANDA, J. S de et al. **Indicações para adubação de culturas em solos do Rio Grande do Norte**. Parnamirim, RN: EMPARN, 2017, p. 8-61.

IBGE. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. **Manual técnico de pedologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2007. 323 p. (IBGE. Manuais Técnicos em Geociências, 04).

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Teresina, 2020. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pi/teresina/panorama>. Acesso em: 12 de ago. 2020.

INSTITUTO DA POTASSA & FOSFATO. **Conceitos sobre fertilidade do solo e produtividade**. In: INSTITUTO DA POTASSA & FOSFATO. Manual internacional de fertilidade do solo. Piracicaba, POTAFOS, 1998. p. 1-22. Disponível em: <https://www.ufjf.br/baccan/files/2019/04/Manual-Internacional-de-Fertilidade-do-Solo.pdf>. Acesso em: 10 fev. 2021.

KEMERICH, P. D da C. et al. Determinação da amônia, nitrito e nitrato em solo de área ocupada por aterro sanitário. **Holos Environment**, v. 14, nº 1, p. 73-86, 2014. Disponível em: <https://www.cea-unesp.org.br/holos/article/view/7540>. Acesso em: 11 dez. 2020.

KUCHARSKI, S. C. R. P et al. **Avaliação dos níveis de metais pesados em solos e sedimentos do grupo Barreiras sob depósitos de resíduos sólidos urbanos – caso de Canabrava – Salvador – Bahia**. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/918981>. Acesso em: 01 abr. 2020.

LIMA, I. M. de M. F.. O relevo de Teresina, PI: compartimentação e dinâmica atual. In: ENCONTRO NACIONAL DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM GEOGRAFIA, 9., Goiânia, 2011. **Anais...** Goiânia, 2011. Disponível em: <<http://iracildefelima.webnode.com>>. Acesso em: 18 dez. 2020.

MENEZES, H. E. A; MEDEIROS, R. M de; SANTOS, J. L. G. Climatologia da pluviometria do município de Teresina, Piauí, Brasil. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**. v.11, n.4, p.135-141, 2016. Disponível em: <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/4609>. Acesso: 18 dez. 2020.

MORAES, A. M. de. **Capacidade de uso da terra no município de Teresina**: elementos para uma política de conservação dos recursos naturais, 2004. Dissertação (Mestrado) – Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Universidade Federal do Piauí, 2004.

MOURA, M. C. S. de et al. Estudo multivariado de solos urbanos da cidade de Teresina. **Química Nova**, v. 29, n. 3, p. 429-435, 2006.

NORFLEET, M. L.; DITZLER, C. A.; PUCKETT, W. E.; GROSSMAN, R.B.; SHAW, J.N. Soil quality and its relationship to pedology. **Soil Science**, v.168, n. 3, p. 149-155, 2003.

PEDRON, F. de A. et al. Solos Urbanos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.5, p.1647-1653, set-out, 2004. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/cr/v34n5/a53v34n5.pdf>. Acesso em: 01 abr. 2020.

PROJETO RAMDAM. **Levantamento de Recursos Naturais – Geologia, Geomorfologia, Solos e Vegetação**. Teresina e Parte da folha SB.24.Jaguaribe. Vol.23. Rio de Janeiro, 1973.

R Core Team. **R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing.** Vienna. Disponível em: <https://www.R-project.org>. Acesso em: 20 dez. 2020.

RESENDE, A. V. **Micronutrientes na agricultura brasileira: disponibilidade, utilização e perspectivas.** Rio de Janeiro: CETEM/MCT (Série de Estudos e Documentos, 64), 2005.

RIBEIRO, M. A do C. **CONTAMINAÇÃO DO SOLO POR METAIS PESADOS.** 2013. Dissertação (mestrado). Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias, Lisboa, 2013. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10437/4770>. Acesso em: 18 ago. 2020.

SALDANHA, M. F. C et al. **Avaliação de cinco tipos de abertura para determinação dos teores de ferro, manganês e zinco em alguns solos brasileiros.** Pesq. and. CNPS, n.1, agosto 1997, p. 1-10.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAUJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** 5 ed. rev. ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 353p.

SOBRAL, L. F et al. **Guia prático para interpretação de resultados de análises de solos.** Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2015, p. 6-13. Disponível em: www.bdpa.cnptia.embrapa.br. Acesso em: 11 dez. 2020.

TAVARES, S. R de L. Metais Pesados. In: TAVARES, Silvio Roberto de Lucena. **Remediação de solos e águas contaminadas por metais pesados: Conceitos básicos e fundamentos.** Rio de Janeiro: CNPS, 2013. p.15-47. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/100358/1/Cap-1Livro-CA-Silvio-Tavares.pdf>. Acesso em: 10 out. 2019.

TEIXEIRA, P. C et al. **Manual de métodos de análise de solo.** Rio de Janeiro, Embrapa. 573p, 2017.

TERESINA. **Lei Nº 4632 de 26/09/2014.** Dispõe sobre a adoção de Áreas Verdes Públicas, no Município de Teresina, e dá outras providências. Disponível em: <https://semplan.pmt.pi.gov.br/wp-content/uploads/sites/39/2014/09/Lei-N%C2%BA-4632-de-26.pdf>. Acesso em: 18 dez. 2020

VALLADARES, G. S et al. **Caracterização de solos brasileiros com elevados teores de material orgânico.** Cruz das Alma, BA: EMBRAPA, v. 20, n. 1, p. 95-104, jan./mar., 2008. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes//publicacao/31557/caracterizacaodesolosbrasileiroscomelevados-teores-de-material-organico>. Acesso em: 08 dez. 2020

VALLADARES, G. S et al. **Índice de Qualidade dos Solos do Nordeste de São Paulo.** Campinas, SP: EMPBRAPA, 2007, [s.p]. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/17649/1/2067.pdf>. Acesso em: 27 set. 2019.

VEZZANI, F. M; MIELNICZK, J. UMA VISÃO SOBRE QUALIDADE DO SOLO.

Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 33, n. 4, p. 743-755, 2009. Disponível em:

<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180214069001>. Acesso em: 04 dez. 2019.