



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

**GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

## **Frações finas do solo como possíveis atenuadores de contaminação**

Francisco Afonso Cavalcanti Júnior<sup>(a)</sup>, Déborah de Oliveira<sup>(b)</sup>

<sup>(a)</sup> Programa de Pós-Graduação em Geografia Física/FFLCH, Universidade de São Paulo, cavalcantijunior@usp.br

<sup>(b)</sup> Departamento de Geografia/FFLCH, Universidade de São Paulo, dedobolive@usp.br

**Eixo:** Solos, paisagens e degradação

### **Resumo**

A cidade de Turiaçu possui menos de 45% dos domicílios abastecidos por rede geral de água e menos de 15% dos domicílios atendidos pela rede geral de esgotamento sanitário, na prática, essa rede se constitui em cisternas particulares construídas sem o emprego de técnicas necessárias e que pode se tornar um ponto difusor de contaminação. O presente trabalho visa estabelecer uma relação entre os atributos físicos dos solos e a frequência dos casos de doenças diarreicas registrados no ano de 2016 na zona urbana, assim, oferecendo apontamentos para começar a compreender se há alguma influência natural na atenuação da contaminação das águas subterrâneas. Os primeiros resultados apresentam a ocorrência de pequenos surtos/epidemias na zona urbana, porém, quando se verifica a distribuição espacial dos casos é possível perceber uma discrepância entre as localidades dentro da cidade. A análise física do solo mostrou uma predominância de partículas menores nos perfis, aumentando da montante à jusante das colinas. O tamanho reduzido das partículas finas aumenta a área de superfície específica (ASE), desta forma, aumentando o processo de adsorção, assim, podendo ser umas das causas de atenuação da contaminação das águas subterrâneas, retendo íons maiores e menores de substâncias contaminantes

**Palavras chave:** Doenças diarreicas, contaminação, Turiaçu, frações finas

### **1. Introdução**



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

O abastecimento de água por domicílio urbano no Brasil apresenta um recorte espacial crítico que, segundo o IBGE (2010), corresponde ao nordeste do Estado do Pará e quase todo o território do Estado do Maranhão, neste último encontra-se a cidade de Turiaçu (Figura 1), uma das que apresenta situação mais crítica com menos de 45% dos domicílios abastecidos por rede geral de água e menos de 15% dos domicílios atendidos pela rede geral de esgotamento sanitário, na prática, essa rede se constitui em cisternas particulares construídas sem o emprego de técnicas necessárias.

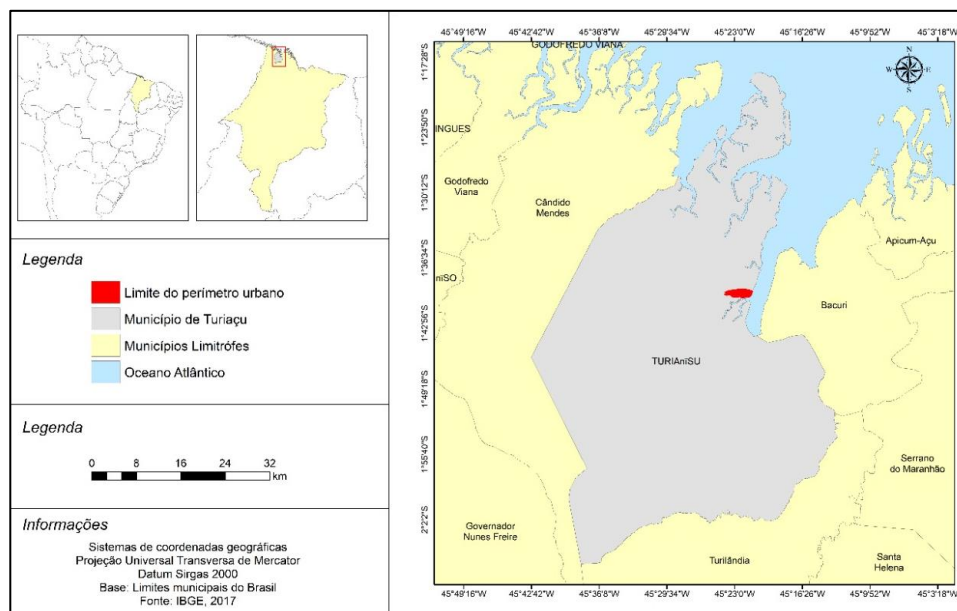


Figura 1: Localização do município e perímetro urbano de Turiaçu – MA.

Na referida cidade os serviços de saneamento básico são precários, quando existentes. De modo geral, os poços freáticos (cacimba) e as fossas rudimentares são as formas de saneamento predominantes na área e quase sempre ambos estão em proximidade, no entanto, não se observa um agravamento de ocorrências de doenças diarreicas, apesar de a população se abastecer de água proveniente diretamente dos poços freáticos e sem um tratamento prévio que garanta os padrões de qualidade.



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

**GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

Todavia, o comprometimento da potabilidade da água por meio da contaminação das águas subterrâneas não se trata de um fator apenas antrópico, podendo ser de origem natural a partir da dissolução normal de substâncias das rochas, solo, matéria orgânica e alterações causadas pela temperatura (BRASIL, 2014).

No meio científico há os que defendem a suposição de que o ambiente físico (geológico e do solo) também pode proporcionar algum grau de proteção às águas subterrâneas a partir de impactos naturais e humanos e que alguns aquíferos são mais vulneráveis aos impactos externos do que outros a depender de suas características (RICHTS; VRBA, 2016; VRBA; ZAPOROŽEC, 1994).

Dessa forma, o presente trabalho visa estabelecer uma relação entre os atributos físicos dos solos da área de estudo e a frequência dos casos de doenças diarreicas registrados no ano de 2016 na zona urbana, assim, oferecendo apontamentos para começar a compreender se há alguma influência natural na atenuação da contaminação das águas subterrâneas.

A cidade de Turiaçu está inserida na microrregião do Gurupi que apresenta uma ocorrência de seis classes de solos, entre principais e associados: Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico plíntico associado com Plintossolo Argilúvico distrófico petroplíntico, Latossolo Amarelo distrófico típico em associação com Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico plíntico e com Argissolo Acinzentado distrófico, além de Gleissolo Sílico sódico (IBGE, 2011).

Os Argissolos são constituídos por material mineral, presença de horizonte B textural de argila de atividade baixa logo abaixo do A ou E, podendo apresentar atividade alta quando combinados com caráter alítico ou distrófico. São solos com variação de profundidade, podem ser fortes ou imperfeitamente drenados e suas cores variam de avermelhadas a amareladas, podendo também apresentar raramente cores brunadas e acinzentadas (EMBRAPA, 2018). Eles são muito intemperizados e se distingue dos Latossolos na evidente distinção de um horizonte para o outro (LEPSCH, 2010).



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

**GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

O caráter distrófico indica uma baixa saturação das bases, tornando esses solos mais ácidos e de baixa fertilidade. O caráter distrófico indica uma baixa saturação das bases, tornando esses solos mais ácidos e de baixa fertilidade. O caráter plântico indica a presença de plintita em quantidade mínima de 5% por volume dentro de 150 cm a partir da superfície, não caracterizando o horizonte como plântico (EMBRAPA, 2018).

Os Latossolos são solos bastante intemperizados e com intenso processo de ferralitização, conhecido como latolização, são solos muito profundos variando de fortemente a bem drenados com exceção dos que apresentam cores mais pálidas que podem chegar a ser imperfeitamente drenados, baixa capacidade de troca de cátions na fração argila, são ácidos e com baixa saturação por bases. Ocorrem em zonas equatorial e tropical, menos frequente em zona temperada, possuem relativa concentração de argilominerais e/ou óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio (EMBRAPA, 2018). O subgrupos típico indica que o tipo de solo ocorre, mas não é o de maior expressividade e que o mesmo não atende as demais características do 4º nível categórico do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2018).

Os Plintossolos são solos constituídos por material mineral, podem apresentar horizonte plântico, litoplântico ou concrecionário. Esses horizontes podem ocorrer iniciando nos 40 cm iniciais a partir da superfície; ou quando precedido de horizonte glei, imediatamente abaixo do horizonte A, E ou de horizontes com cores pálidas, podem ocorrer dentro de 200 cm a partir da superfície. O caráter argilúvico é utilizado para identificar a presença de acúmulo de argila no horizonte B, mas não o suficiente para enquadrá-lo em um horizonte B textural (EMBRAPA, 2018). O subgrupos petroplântico caracteriza solos com presença, nos primeiros 150 cm a partir da superfície, de volumes concrecionários e/ou litoplânticos (EMBRAPA, 2018).

Os Gleissolos são solos constituídos por material mineral e são mal drenados, apresentando horizonte glei dentro de 50 cm a partir da superfície, ou entre 50 cm e 150 cm



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

**GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

de profundidade quando imediatamente abaixo de um dos horizontes A, E ou hístico com espessura que não caracterize a classe dos Organossolos. O caráter sálico caracteriza a presença de sais solúveis em água, com toxicidade para a maioria das plantas, ocorre em um ou mais horizontes nos primeiros 100 cm a partir da superfície. O caráter sódico caracteriza a saturação  $\geq 15\%$  de sódio (EMBRAPA, 2018).

Os Gleissolos Sálicos sódicos, também conhecidos como Solos Indiscriminados de Mangue, são formados de detritos orgânicos e material mineral muito fino (silte e argila) depositado ao longo das regiões estuarinas pelos rios e o mar, gerando solos halomorfos não consolidados de idade holocênica, consistência lamacenta, cor escura e presença marcante do bioma manguezal (JACOMINE, 1986; OLIVEIRA NETO; SILVA, 2011; PASTANA, 1995; VIDAL-TORRADO et al., 2005). A concentração de bases, valores de pH elevados e a condição de hidromorfismo nesses solos causa a cristalização de argilominerais do tipo 2:1 (VIDAL-TORRADO et al., 2005).

A ingestão de água não potável pode causar graves danos à saúde humana e tomar grandes proporções quando a fonte de abastecimento, de qualquer tipo, de uma comunidade é a principal propagadora. Por vezes, esses episódios são identificados como surtos ou epidemias, porém, apesar de parecidos esses termos não são sinônimos.

O documento “Primeiras medidas para gestão de um surto de diarreia aguda” (OMS, 2010) e o “Manual de procedimentos de vigilância em saúde ambiental relacionada à qualidade da água para consumo humano” (BRASIL, 2006), convergem para o entendimento de surto/epidemia como o aumento anormal de casos em relação à semana anterior. O excesso de casos correspondentes a 2x ou 3x em relação à semana é considerado para caracterizar um surto/epidemia, sendo o surto a ocorrência de casos mais localizados e a epidemia a ocorrência de casos mais abrangentes (BRASIL, 2006).

## 2. Materiais e Métodos



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

**GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

A análise dos apontamentos de atenuação da contaminação das águas subterrâneas foi realizada a partir das características físicas do solo e da espacialização dos casos de doenças diarreicas.

### **2.1 Análise física do solo**

Foram realizadas a coleta de 37 amostras em 8 pontos espalhados nas feições topo, encosta e base, a coleta das amostras obedeceu às variações morfológicas observadas nos perfis. Para a determinação das frações areia, silte e argila adotamos o Métodos da Pipeta conforme o Manual de análises de solos do Instituto Agrônomo de Campinas – IAC (DE CAMARGO et al., 2009), seguindo a marcha analítica do Laboratório de Pedologia da USP.

### **2.2 Monitorização de doenças diarreicas**

Foram analisadas 52 relatórios de monitorização de doenças diarreicas junto a Secretaria Municipal de Saúde, referentes ao ano de 2016. Os casos ocorridos na zona urbana foram separados por localidades e analisados a partir do “Manual de procedimentos de vigilância em saúde ambiental relacionada à qualidade da água para consumo humano” (BRASIL, 2006) para identificação de surtos/epidemias na cidade.

## **3. Resultados e discussões**

### **3.1 Partículas do solo**

Os primeiros resultados apontam para um acréscimo de sedimentos mais finos (argila e silte) tanto à jusante dos interflúvios quanto em profundidade dos perfis, havendo uma alta concentração de argila na base das vertentes (Figuras 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 9), caracterizada por perfis de coloração mais pálida e afloramento do lençol freático.

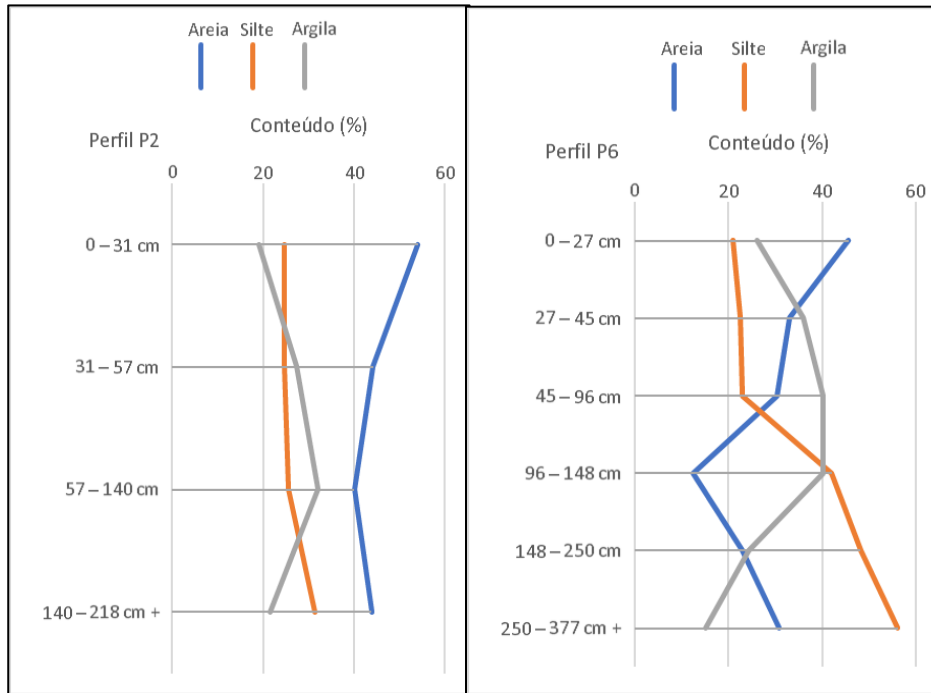


XVIII  
SBGFA

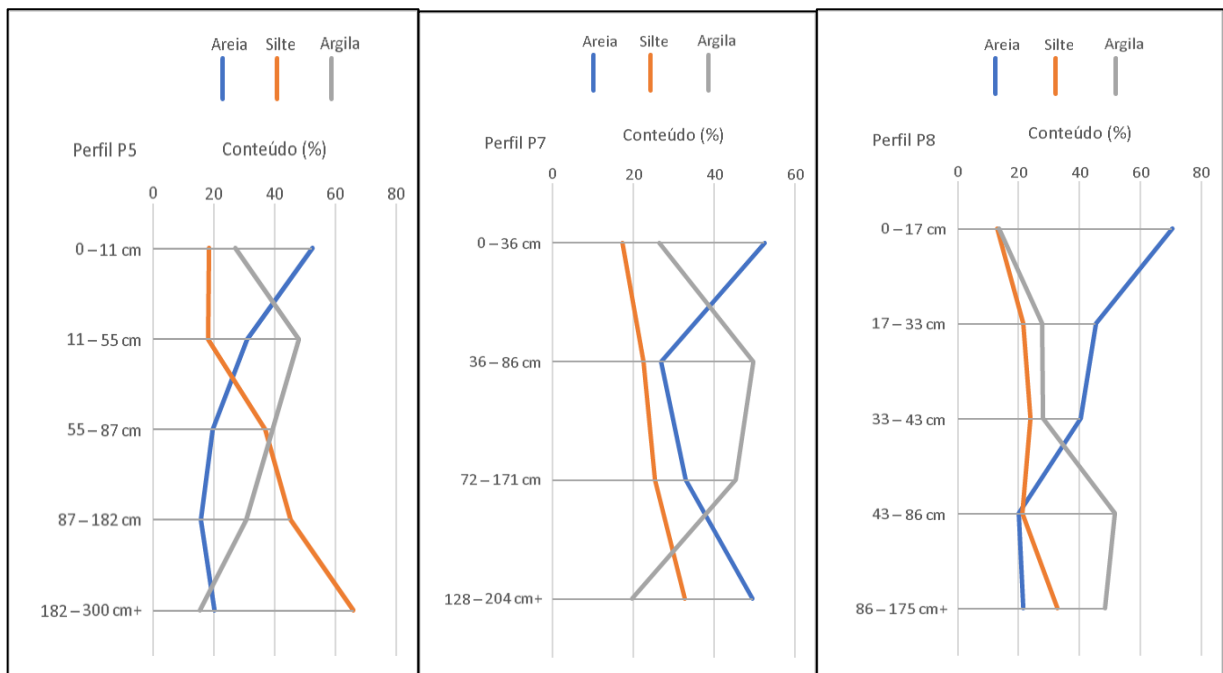
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019



Figuras 2 e 3: Concentrações de partículas do solo nos perfis do topo.



Figuras 4, 5 e 6: Concentrações de partículas do solo nos perfis da encosta.

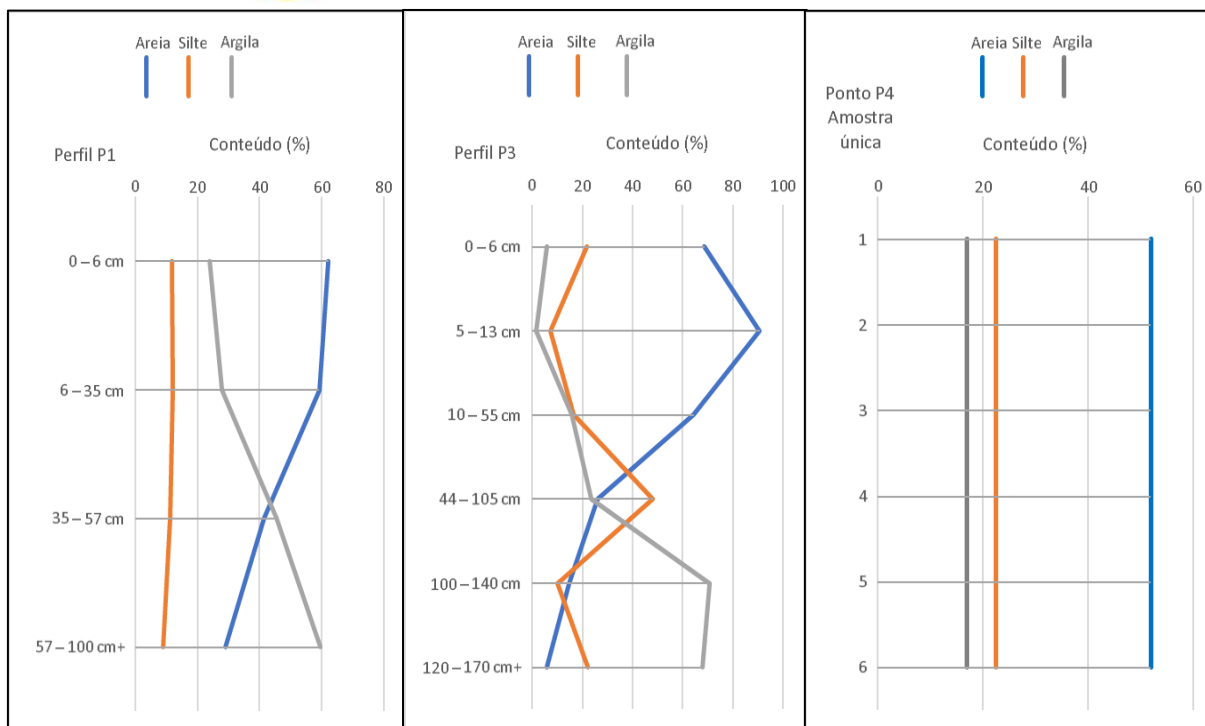


XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019



Figuras 7, 8 e 9: Concentrações de partículas do solo nos perfis da base.

A predominância de partículas menores exerce forte influência na quantidade de porosidade do solo, no caso em questão, podendo torná-lo menos poroso e dificultando a drenagem da água e de outros fluidos.

As partículas menores podem contribuir para a retenção de poluentes ao longo do solo. Por possuírem carga, as argilas são quimicamente mais reativas e mostram uma tendência relativa de impermeabilização, podendo culminar em um quadro de atenuação da contaminação (ROCHA; MACEDO, 2014).

### 3.2 Casos de doenças diarreicas

Foram levantados 466 casos de doenças de origem diarreica em todo o Município de Turiaçu, dos quais 465 casos ocorreram na zona urbana e 401 casos na zona rural (Figura 10). No entanto, a análise se baseou apenas nos casos ocorridos na zona urbana, por se tratar do recorte para estudo.





XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

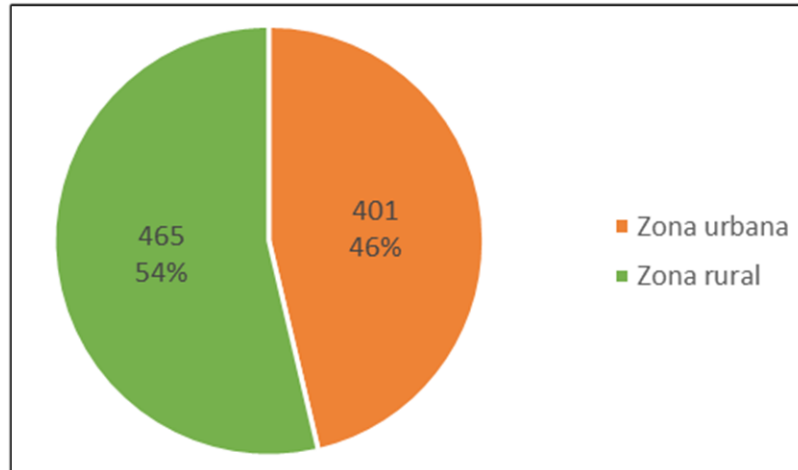


Figura 10: Distribuição dos casos de doenças diarreicas no Município de Turiaçu no ano de 2016.

A distribuição geográfica dos casos na área urbana não ocorreu de forma homogênea (Figura 11). Os bairros Castanhal, Canário, Centro, Rabelão e Santa Terezinha foram os que apresentaram o maior número de ocorrências com, respectivamente, 73, 70, 55, 32 e 32 casos. Os 3 primeiros são os bairros que concentram o maior adensamento populacional da cidade.

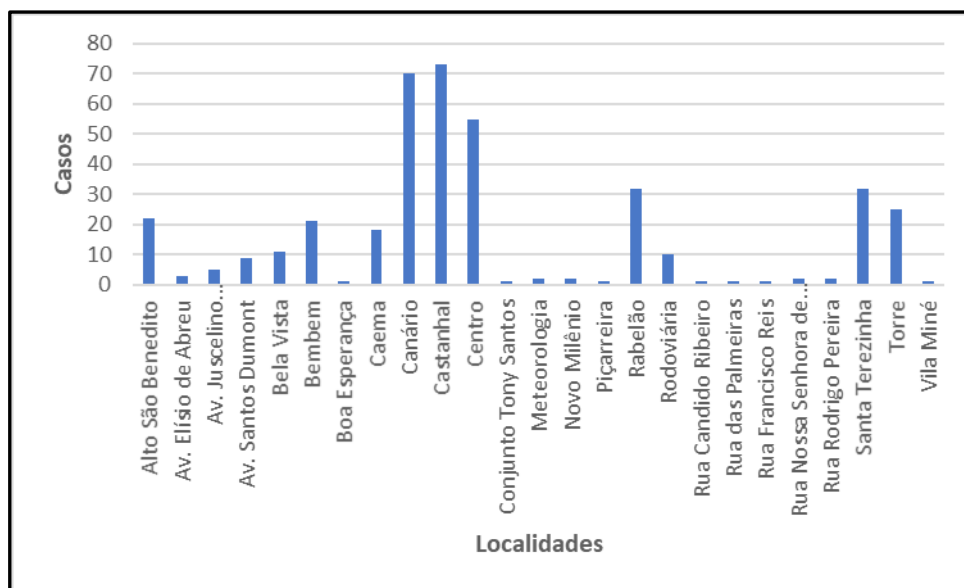


Figura 11: Distribuição das ocorrências de doenças diarreicas na área urbana por localidade.



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

A curva epidêmica se mostrou pouco abrupta ao longo das 52 semanas (Figura 12), ou seja, não ocorreu um rápido aumento na intensidade e sucessivo declínio formando um pico único no período analisado. As oscilações da curva apontam para um evento cíclico que deixa os indivíduos em exposição mais prolongas aos surtos/epidemias.

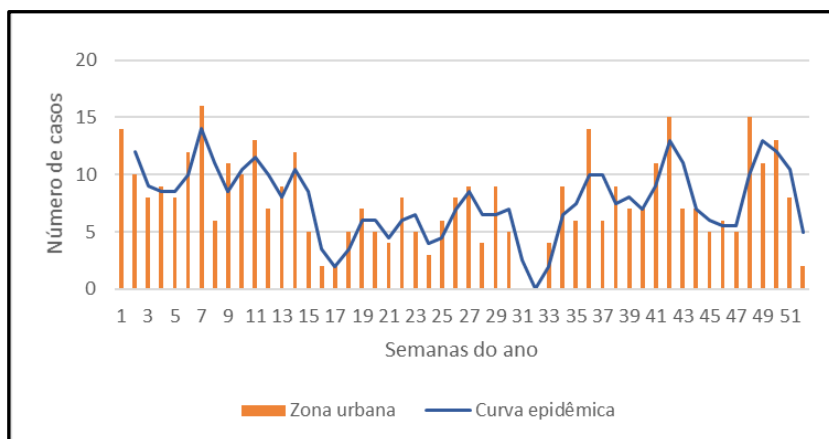


Figura 12: Curva epidêmica dos casos de doenças diarreicas na cidade de Turiaçu.

A curva epidêmica consiste em uma representação gráfica da distribuição temporal de novos episódios de surtos ou epidemias. Na figura 12 é possível observar que somente o intervalo correspondente às semanas 31 e 32 teve um declínio abrupto.

#### 4. Considerações finais

Os primeiros resultados da análise da monitorização de doenças diarreicas evidenciam a ocorrência de pequenos surtos na zona urbana, porém, quando se verifica a distribuição espacial dos casos é possível perceber uma discrepância entre as localidades dentro da cidade.

Os bairros Castanhal, Canário e Centro apresentam o maior número de casos, mas individualmente as localidades não apresentaram, de modo geral, um aumento correspondente a 2x ou 3x em relação a semana anterior, não caracterizando como uma epidemia, todavia, os constantes casos observados apontam para a ocorrência de surtos.



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

**GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

A análise física dos solos mostrou uma predominância de partículas menores nos perfis, aumentando da montante à jusante das colinas. O tamanho reduzido das partículas finas aumenta a área de superfície específica (ASE), desta forma, aumentando o processo de adsorção, sobretudo nos solos das encostas e bases das colinas que apresentaram um incremento da fração argila nos horizontes mais profundos.

Nos solos de clima quente e úmido onde é mais comum a ocorrência de argilas oxídicas tipicamente de carga positiva (ROCHA; MACEDO, 2014) o processo de adsorção de compostos nitrogenados é mais ativo, outro aspecto é o caráter distrófico dos solos da região, que podem atenuar o processo de contaminação por contém argilas de alta atividade para capacidade de troca de cátions. Assim, essas podem ser umas das causas de atenuação da contaminação das águas subterrâneas, retendo íons maiores e menores de substâncias contaminantes.

### **Agradecimentos**

Agradecemos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, à Secretaria Municipal de Saúde de Turiaçu – MA, ao Programa de Pós-Graduação em Geografia Física da Universidade de São Paulo e ao Laboratório de Pedologia da Universidade de São Paulo.

### **Referencias Bibliográficas**

BRASIL. **Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS.** Brasília. Funasa, 2014.

BRASIL, M. DA S. S. DE V. EM S. A. **Manual de procedimentos em vigilância em saúde ambiental relacionada à qualidade da água para consumo humano.** Brasília, 2006: [s.n.].

EMBRAPA, E. B. D. P. A. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** 5ª ed. Brasília: Embrapa Solos, 2018.

IBGE, I. B. D. G. E. E. **Censo demográfico de 2010.** Disponível em:



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

<<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/default.shtm>>. Acesso em: 7 out. 2016.

IBGE, I. B. D. G. E. E. **Pedologia: mapa exploratório de solos do estado do Maranhão.** Eslaca 1:4 ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2011.

JACOMINE, P. K. T. Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado do Maranhão. **Embrapa Solos-Séries anteriores (INFOTECA-E)**, 1986.

LEPSCH, I. F. **Formação e conservação dos solos.** 2ª ed. São Paulo: Oficina de textos, 2010.

OLIVEIRA NETO, M. B. DE; SILVA, M. S. L. **Solos Indiscriminados de Mangue. Território Mata Sul Pernambucana.** Disponível em: <[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/territorio\\_mata\\_sul\\_pernambucana/arvore/CONT000gt7eon7j02wx7ha087apz2c3xd0do.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/territorio_mata_sul_pernambucana/arvore/CONT000gt7eon7j02wx7ha087apz2c3xd0do.html)>. Acesso em: 20 jun. 2018.

PASTANA, J. M. DO N. (ORG. ). **Turiação: folha SA. 23-VD; Pinheiro: folha SA. 23-YB: Estados do Pará e Maranhão.** [s.l.] CPRM, 1995.

RICHTS, A.; VRBA, J. Groundwater resources and hydroclimatic extremes: mapping global groundwater vulnerability to floods and droughts. **Environmental Earth Sciences**, v. 75, n. 10, p. 926, 2016.

ROCHA, G. C.; MACEDO, J. A. B. DE. **Contaminação de solos: características e impactos.** Juiz de Fora: Ed. UFJF, 2014.

VIDAL-TORRADO, P. et al. Solos de mangue: características, gênese e impactos Antrópicos. **Edafologia**, v. 12, n. 3, p. 199–244, 2005.

VRBA, J.; ZAPOROŽEC, A. Guidebook on mapping groundwater vulnerability. 1994.