



Ministério da Educação  
**Universidade Tecnológica Federal do Paraná**  
Campus Francisco Beltrão  
**Curso de Engenharia Ambiental**

---



RAFAELA ZANELLA PUCHALE

**IMPACTOS SOBRE A QUALIDADE DA ÁGUA NAS  
IMEDIAÇÕES DOS CEMITÉRIOS MUNICIPAIS DE FRANCISCO  
BELTRÃO - PR**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Francisco Beltrão

2017

RAFAELA ZANELLA PUCHALE

**IMPACTOS SOBRE A QUALIDADE DA ÁGUA NAS  
IMEDIAÇÕES DOS CEMITÉRIOS MUNICIPAIS DE FRANCISCO  
BELTRÃO - PR**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à disciplina de Trabalho de Diplomação, do Curso Superior de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel.

Orientadora: Profa. M<sup>a</sup>. Priscila Soraia da Conceição

FRANCISCO BELTRÃO

2017



Ministério da Educação  
**Universidade Tecnológica Federal do  
Paraná**  
Campus Francisco Beltrão  
***Curso de Engenharia Ambiental***



---

**TERMO DE APROVAÇÃO**

**Trabalho de Conclusão de Curso – TCC2**

**Impactos sobre a qualidade da água nas imediações dos  
cemitérios municipais de Francisco Beltrão - PR**

por

**Rafaela Zanella Puchale**

Trabalho de Conclusão de Curso 2 apresentado às 8 horas, do dia 19 de junho de 2017, como requisito para aprovação da disciplina Trabalho de Conclusão de Curso 2, do Curso de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Francisco Beltrão. O candidato foi arguido pela Banca Avaliadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Avaliadora considerou o trabalho APROVADO.

Banca Avaliadora:

---

**Denise Andréia Szymczak**

Coordenadora do Curso de Engenharia  
Ambiental

---

**Priscila Soraia da Conceição**

Professora Orientadora

---

**Michelle Milanez França**

Membro da Banca

---

**Fabiano de Jesus Ribeiro**

Membro da Banca

---

**Denise Andréia Szymczak**

Professora do TCC2

“A folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso de Engenharia Ambiental.”

## AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me dado saúde e forças nessa etapa da minha vida.

Aos meus pais, Ivone Zanella Puchale e Amarildo Puchale e minha irmã, Roberta Zanella Puchale, pelo amor, incentivo e apoio emocional.

Aos meus avós, pelo carinho e amor prestados em toda minha vida.

À minha tia, amiga e conselheira, Dayane Zanella Peruzzo, por estar sempre presente.

Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Francisco Beltrão, pela oportunidade de realizar o curso de graduação.

À minha orientadora, Priscila Conceição Ribeiro, por todo suporte e incentivo para a execução deste projeto e pela sua amizade.

Ao professor Fabiano de Jesus Ribeiro, pelas sugestões e auxílio na execução deste trabalho.

À professora Michelle Milanez França, pelas sugestões e contribuições na execução deste trabalho.

Ao professor Davi Zacarias, por disponibilizar os materiais que auxiliaram nas análises.

Aos professores Hernan Vielmo e Gabriel Cassemiro Mariano, pelas contribuições.

Ao senhor Claudino Loss, da Prefeitura Municipal de Francisco Beltrão, pelas informações cedidas.

À senhora Ivanilda Zatti, pelas informações cedidas.

À Jéssica Maiara Viceli, por possibilitar a realização de parte deste trabalho.

Às minhas companheiras de casa, Daniela da Silva, Thays M. Araújo e Aloma Hancke, pela amizade, paciência e apoio sempre que necessário.

Ao meu namorado, Marco Eduardo Scarton, pela amizade, amor, confiança e apoio sempre.

À minha amiga Stephanye Thyanne, pela amizade, confiança, companheirismo e paciência.

Aos demais amigos e colegas de graduação que de alguma forma contribuíram para minha formação acadêmica.

## RESUMO

PUCHALE, Rafaela Zanella. **Impactos sobre a qualidade da água nas imediações dos cemitérios municipais de Francisco Beltrão – PR.** 2017. 67 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Francisco Beltrão, 2017.

Os cemitérios são empreendimentos potencialmente causadores de impactos ao meio ambiente e à saúde pública. Neste contexto, o presente trabalho objetiva verificar a existência de impactos sobre a qualidade da água na área urbana, nas proximidades do Cemitério Padre Artur Vangeel e no Cemitério Municipal do Aeroporto, e na zona rural, nas proximidades do Cemitério Km 8, localizado na comunidade de mesmo nome, todos no município de Francisco Beltrão, Paraná. Por meio de visitas aos cemitérios estudados, foi realizada a coleta de coordenadas geográficas para a confecção de mapa de localização dos cemitérios. Na nascente da comunidade e no Rio Lonqueador foram realizadas análises dos parâmetros condutividade elétrica, turbidez, cálcio, dureza, nitrogênio amoniacal, nitrato, nitrito e pH, além dos indicadores microbiológicos, coliformes totais, *Escherichia Coli* e *Clostridium perfringens*, sendo que os dois primeiros não foram realizados na amostra do Rio Lonqueador. Além disso, foram coletadas informações sobre os cemitérios por meio de questionários aplicados ao setor de urbanismo da Prefeitura Municipal de Francisco Beltrão e a uma moradora da Comunidade Km 8, as quais indicaram desconhecimento por parte da Prefeitura e dos moradores da comunidade quanto a existência de legislações pertinentes aos cemitérios e suas adequações. As análises de caracterização dos solos indicaram teores elevados de silte, apresentando valores de densidade e porosidade que sugerem solos com capacidade de retenção dos contaminantes. Os resultados da amostra de água da Comunidade Km 8 foram comparados aos valores máximos permitidos pela Portaria nº 2914 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011), enquanto a água do Rio Lonqueador foram comparados a Resolução CONAMA nº 357 (BRASIL, 2008), de acordo com o estabelecido para águas doces classe II. Os resultados obtidos para os parâmetros físico-químicos propostos apresentaram-se dentro do estabelecido como parâmetro legal de comparação para ambas as amostras, exceto nitrogênio amoniacal. Já os resultados obtidos para os indicadores microbiológicos apresentam-se em desacordo com os parâmetros de comparação. Apesar dos mesmos não fazerem referência a *Clostridium perfringens*, este foi evidenciado nas amostras. Diante dos resultados, conclui-se que áreas estudadas possuem alguma fonte de contaminação remota, não podendo afirmar esta é proveniente da atividade cemiterial.

**Palavras-chave:** Necrochorume. Saúde pública. Atividade cemiterial.

## ABSTRACT

PUCHALE, Rafaela Zanella. **Impacts on the water quality in the municipal cemeteries surroundings of Francisco Beltrão – PR.** 2017. 67 f. Work of Conclusion of Course (Graduated in Environmental Engineering) – Federal Technological University of the Paraná. Francisco Beltrão, 2017.

The cemeteries are potentially causing enterprises of impacts to the environment and to the public health. In this context, the present report has the objective to verify the existence of impacts on the water quality in the urban area, on the surroundings of Padre Artur Vangeel cemetery and of the Municipal Airport Cemetery, and in the countryside area, on the proximities of the cemetery Km 8, located in the community with the same name, all in the city of Francisco Beltrão, Paraná. By visiting the studied cemeteries, it was done the collect of geographical coordinates to the map confection of the location of the cemeteries. In the water source of the community and in the Lonqueador River were done analysis of the electrical conductivity, turbidity, calcium, hardness, ammoniacal nitrogen, nitrate, nitrite, and pH parameters, besides the microbiological indicators, total coliforms, *Escherichia Coli* and *Clostridium perfingens*, being that the first two were not done in the Lonqueador River sample. Besides that, information about the cemeteries were collected by questionnaires applied to the Municipal City hall of Francisco Beltão Sector of Urbanism and one inhabitant of the community Km 8, that indicated unknowledge by the city hall and the community about the existence of pertinent legislations to the cemeteries and its adequations. The characterization of the soil analysis indicated high contents of silte, showing density and porosity values that suggest soils with the capacity of retention of the contaminants. The water sample results of community Km 8 were compared to the maximum allowed values by the ordinance nº 2914 of the Health ministry (Brazil, 2011), while the water of the Lonqueador River were compared to the CONAMA nº 357 resolution (Brazil, 2008), according to the established for sweet water class II. The obtained results to the physical-chemical parameters proposed showed being within the established with the legal parameter of comparison for both samples, except ammoniacal nitrogen. The results obtained to the microbiological indicators showed not being in accordance with the comparing parameters. Although they do not make reference to the *Clostridium perfingens*, this was evidenced in the samples. On the results, we can conclude that the studied areas have some remote contamination source, not being able to claim that it is coming from the cemeterial activity.

Key-words: Necrochorume. Public health. Cemeterial activity.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema do risco de contaminação ambiental.....	22
Figura 2 - Plumas de contaminação.....	25
Figura 3 - Localização da área de estudo .....	29
Figura 4 - Estruturas de drenagem pluvial do Cemitério Municipal Padre Artur Vangeel.....	43
Figura 5 - Cemitério Municipal do Aeroporto.....	43
Figura 6 - Cemitério da Comunidade Km 8 .....	45

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resultados de densidade e porosidade dos solos .....	39
Tabela 2 – Resultados das análises granulométricas .....	40
Tabela 3 - Resultados para análises físico-químicas das amostras de água da Comunidade Km 8.....	46
Tabela 4 - Resultados para análises físico-químicas das amostras de água do Rio Lonqueador .....	46
Tabela 5 - Resultados para indicadores microbiológicos das amostras de água da Comunidade Km 8.....	51
Tabela 6 - Resultados para indicadores microbiológicos das amostras de água do Rio Lonqueador.....	52

## LISTA DE SIGLAS E SÍMBOLOS

- ABNT** – Associação Brasileira de Normas Técnicas
- ANA** - Agência Nacional de Águas
- APHA** - American Public Health Association
- CONAMA** – Conselho Nacional do Meio Ambiente
- CETESB** - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
- EDTA** - Ácido etilenodiamino tetra-acético
- EMBRAPA** – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
- GPS** - Global positioning system (sistema de posicionamento global)
- IAPAR** - Instituto Agrônômico do Paraná
- IBGE** – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- ITCG**- Instituto de Terras Cartografia e Geociências
- Km** – Quilometro
- pH** – Potencial Hidrogeniônico
- SEMA** - Secretaria Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos
- WHO** - World Health Organization

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	12
2 OBJETIVOS .....	14
2.1 OBJETIVO GERAL: .....	14
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS: .....	14
3 REVISÃO DE LITERATURA .....	15
3.1 CEMITÉRIOS E MEIO AMBIENTE .....	15
3.2 PROCESSO DE DECOMPOSIÇÃO DOS CORPOS .....	18
3.3 NECROCHORUME E SUA COMPOSIÇÃO.....	20
3.4 POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO DO NECROCHORUME NO SOLO E NA ÁGUA .....	21
3.5 LEGISLAÇÕES FEDERAIS, ESTADUAIS E MUNICIPAIS SOBRE ATIVIDADE CEMITERIAL.....	25
4 MATERIAL E MÉTODOS .....	29
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	29
4.2 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DO SOLO.....	30
4.2.1 DENSIDADE .....	30
4.2.2 POROSIDADE .....	31
4.2.3 GRANULOMETRIA .....	32
4.3 LEVANTAMENTO DE INFORMAÇÕES SOBRE CEMITÉRIOS MUNICIPAIS ...	33
4.4 LEVANTAMENTO DE INFORMAÇÕES SOBRE O CEMITÉRIO DA COMUNIDADE KM 8 .....	34
4.5 COLETA DE AMOSTRAS DE ÁGUA.....	35
4.6 ANÁLISES FÍSICO – QUÍMICAS .....	35
4.7 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS.....	37
4.8 PARÂMETROS LEGAIS DE COMPARAÇÃO.....	38
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	39
5.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DO SOLO.....	39
5.1.1 DENSIDADE E POROSIDADE .....	39
5.1.2 GRANULOMETRIA .....	40
5.2 LEVANTAMENTO DE INFORMAÇÕES SOBRE CEMITÉRIOS MUNICIPAIS ...	41

5.3 LEVANTAMENTO DE INFORMAÇÕES SOBRE CEMITÉRIOS DA COMUNIDADE KM 8 .....	44
5.4 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS .....	46
5.5 INDICADORES MICROBIOLÓGICAS.....	51
6 CONCLUSÃO.....	54
REFERÊNCIAS.....	55
APÊNDICE A.....	64
APÊNDICE B.....	66

## 1 INTRODUÇÃO

Com o passar dos séculos, diferentes formas de destinação e sepultamento dos corpos humanos foram empregadas, alternando-se entre classes sociais, a evolução das sociedades e a mudança das crenças religiosas.

Desde a Idade Média, até meados do século XVIII, os sepultamentos eram realizados em regiões contíguas às igrejas, mosteiros e conventos, e no interior destes, prática que findou devido ao esgotamento dessas áreas e, principalmente, em decorrência de preocupações relacionadas à saúde pública (CARNEIRO, 2008; FINEZA, 2008; DA SILVEIRA; PALMA, 20011; PACHECO, 2000).

A partir desse período, os sepultamentos passaram a ocorrer em locais retirados dos centros urbanos, a fim de evitar o contato da população com possíveis doenças provenientes dos cemitérios. Contudo, com o crescimento das cidades, houve, novamente, a incorporação dos cemitérios à malha urbana, ressurgindo as preocupações quanto à questão da saúde pública e em relação ao meio ambiente.

Os cemitérios, por serem considerados depósitos de corpos humanos, passam a ser vistos como empreendimentos causadores de impactos ambientais, necessitando de estruturas adequadas para a mitigação dos impactos decorrentes desses empreendimentos (ALCÂNTARA, 2010).

Os cemitérios, em especial os horizontais, geram impactos em relação à contaminação física, química e biológica do solo e das águas. Apesar de existir pequena probabilidade, no que diz respeito a águas superficiais e as subterrâneas de grande profundidade, a água subterrânea de pequena profundidade, conhecida por aquífero freático ou livre, é a mais afetada por essa contaminação (PACHECO, 2012).

Existem outras questões ambientais importantes relacionadas aos cemitérios, como a disposição de resíduos produzidos por visitantes, os resíduos de construção e a poluição visual resultante da falta de manutenção dos túmulos, além dos impactos estético-urbanísticos, que dizem respeito à harmonia do cemitério com o meio onde está construído.

Contudo, a maior preocupação, não somente ambiental, como também de saúde pública, é decorrente da contaminação causada pelo necrochorume, líquido

resultante do processo de decomposição dos cadáveres humanos, já que este pode apresentar carga contaminante variável e alta capacidade de dissolução.

Uma vez que ocorre o vazamento do líquido putrefativo para o exterior das sepulturas, e haja o contato do mesmo com as águas do aquífero, a carga química e biológica será transportada pelo fluxo hidráulico, através das plumas de poluição, que se disseminam com velocidade variável, podendo atingir distâncias quilométricas da fonte pontual de poluição. Se a água contaminada for captada em nascentes ou poços escavados, aquele que fizer uso dessa água na atividade doméstica correrá sérios riscos de saúde (PACHECO, 2012).

Além disso, muitos dos cemitérios em operação são anteriores às legislações ambientais que versam sobre a instalação desses empreendimentos. Em âmbito federal, surgiram apenas em 2003, com a Resolução CONAMA nº 355, de 03 de abril de 2003, e suas alterações, pelas Resoluções CONAMA nº 386, de 28 de março de 2006, e CONAMA nº 402, de 17 de novembro de 2008, o que sugere irregularidades e maior possibilidade de contaminação do solo e da água.

Partido desse pressuposto, o presente trabalho busca avaliar a existência de contaminação da água subterrânea pela atividade cemiterial, por meio de análises físico-químicas e microbiológicas da água nas proximidades dos cemitérios municipais, localizados na zona urbana e rural de Francisco Beltrão. Também será realizado, junto à Prefeitura Municipal de Francisco Beltrão, o levantamento de informações para verificar se os cemitérios em estudo atendem ao disposto pelas legislações federais, estaduais e municipais.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL:

Avaliar a existência de impactos sobre a qualidade da água em decorrência da atividade cemiterial na área urbana, nas proximidades do Cemitério Padre Artur Vangeel e no Cemitério Municipal do Aeroporto, e na zona rural, nas proximidades do Cemitério Km 8, localizado na Comunidade de mesmo nome, todos pertencentes ao município de Francisco Beltrão – PR

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Obter e apresentar informações sobre os cemitérios municipais de Francisco Beltrão;
- Verificar se os cemitérios em estudo atendem ao disposto nas legislações federais, estaduais e municipais;
- Avaliar, por meio de análises físico-químicas, a contaminação de água nas áreas próximas aos cemitérios em estudo;
- Avaliar, por meio de análises microbiológicas, a contaminação de água nas áreas próximas aos cemitérios em estudo;
- Caracterizar a textura do solo dos cemitérios em estudo pelo método da pipeta (EMBRAPA, 1997).

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 CEMITÉRIOS E MEIO AMBIENTE

Apesar do tema cemitérios não ser recorrente, uma vez que pode ser perturbador, já que remete à morte, sentimentos e memórias, o assunto tem se tornado presente em pesquisas da área ambiental e de saúde pública, em decorrência dos possíveis impactos ambientais associados à prática de sepultamento.

Sabe-se que o tratamento dado aos mortos variou ao longo da história da humanidade, diferencia-se de acordo com a crença de cada povo e a época. Há registros de que corpos de pessoas mortas eram enterrados, mumificados, cremados ou ainda jogados ao mar (CARNEIRO, 2008).

O sepultamento de cadáveres data da pré-história, as tribos enterravam seus mortos como forma de não atrair predadores e de evitar o incômodo que um corpo exposto pode proporcionar. Além disso, pertencem à maioria das culturas, como a dos egípcios e dos maias, quando o sepultamento tinha relevante importância (SILVA et al., 2006).

Para muitos, cemitérios são fontes históricas, local onde é preservada a memória familiar e coletiva, crenças religiosas, ideologias, patrimônio histórico, fonte de estudo da genealogia (DA SILVEIRA; PALMA, 2011).

Entre a Idade Média e meados do século XVIII, houve predomínio de uma relação de proximidade entre vivos e mortos (FINEZA, 2008), os cadáveres humanos eram sepultados nas imediações das igrejas, mosteiros e conventos, no interior destes, no solo ou em sarcófagos de pedra, de acordo com a situação socioeconômica e política. Os mais ricos eram sepultados no interior das igrejas ou em suas imediações, enquanto os menos privilegiados eram enterrados em campos distantes das cidades, em valas comuns (PACHECO, 2000; CAMPOS, 2007)

Com o aumento populacional, os espaços disponíveis para sepultamentos próximos ou no interior das igrejas passaram a diminuir, além disso, doenças como a peste negra, que matou um terço da população europeia no século XIV, criou

dificuldades para que essa grande quantidade de pessoas fossem sepultadas (CARNEIRO, 2008; PACHECO, 2012).

Somado a esse fator, como até o século XVIII os enterros eram de responsabilidade da Igreja Católica (PACHECO, 2012), com o surgimento das ideias protestantes e a Reforma Religiosa, os defensores desses ideais não seriam mais sepultados nas regiões contíguas ou no interior das igrejas, houve, então, a ruptura da relação entre cemitério e a igreja, sendo necessária a construção de novos locais de sepultamento, desvinculados das igrejas, com a criação dos cemitérios públicos (PETRUSKI, 2006; CARNEIRO, 2008).

Além disso, Carneiro (2008) cita como fator de importância para o fim dos sepultamentos no interior das igrejas, questões de saúde pública, uma vez que durante o século XVIII se manifestaram as preocupações em relação às inumações, enterramentos realizados diretamente no solo, nas igrejas, desenvolvendo uma hostilidade em relação à proximidade dos vivos com os mortos (FINEZA, 2008; PACHECO, 2012).

Com base na “doutrina dos miasmas”, desenvolvida pela ciência do século XVIII, acreditava-se que a matéria orgânica em decomposição, sob influência de elementos atmosféricos, como temperatura, umidade e ventos, formavam vapores ou miasmas nocivos a saúde, infectando o ar que se respirava (PACHECO, 2000; FINEZA, 2008).

Segundo Silva e Malagutti Filho (2009), a partir de 1730, surgiram as primeiras recomendações para a instalação de cemitérios fora dos centros urbanos, condenando o enterro em igrejas, bem como instruindo o cuidado com as sepulturas e a manutenção dos locais onde os mortos eram enterrados.

As decisões para que as necrópoles fossem instaladas nas periferias ou em locais distantes das cidades eram baseadas no mau cheiro oriundo da decomposição dos cadáveres, que incomodava quem frequentava as igrejas e as populações vizinhas a estes locais, além da possível proliferação de doenças. Com isso, os cemitérios passaram a ser construídos ao ar livre, localizados o mais distante possível dos centros urbanos (ROCHA; FERREIRA, 2008).

Contudo, o crescimento populacional e a falta de planejamento urbano das cidades integraram, novamente, os cemitérios à malha urbana (CAMPOS, 2007; BERTACHI, 2013). Essa reaproximação entre os cemitérios e as cidades volta a ser preocupante, uma vez que cemitérios passaram a ser vistos como áreas de risco

ambiental (COSTA; CUSTODIO, 2014), por serem considerados depósitos de corpos humanos, necessitando de estruturas adequadas para minimizar os impactos, visto que o processo de degradação dos corpos é uma provável fonte de contaminação (ALCÂNTARA, 2010).

Segundo Kemerich et al. (2012), estudos na área ambiental associam cemitérios a aterros sanitários, considerando seu potencial contaminante por materiais orgânicos e inorgânicos. De modo que, os resíduos líquidos provenientes dos cemitérios estão associados a uma grande variedade de patógenos, com potencial de contaminação a quem estiver exposto a ele.

Os impactos ambientais gerados pelos cemitérios ocorrem em relação às alterações físicas e químicas do solo, bem como das águas subterrâneas e superficiais (DA SILVEIRA; PALMA, 2011), além de alterar a qualidade microbiológica das águas devido aos microrganismos provenientes da decomposição dos cadáveres e de patógenos que podem ter ocasionado à *causa mortis* do indivíduo enterrado (DOS SANTOS et al., 2015).

Os cemitérios horizontais, tradicionais ou parque, onde os sepultamentos são realizados em covas ou jazigos, geram impactos ambientais desde a disposição dos resíduos sólidos gerados pelos visitantes e os resíduos de construção oriundos da construção e reforma dos túmulos e jazigos, como também a poluição visual causada pela negligência com os túmulos (ALCÂNTARA, 2010), além disso, esses locais podem provocar impactos estético-urbanísticos ou visuais quando não estão em harmonia com o ambiente onde foram construídos (PACHECO, 2012).

Os impactos decorrentes do processo de decomposição dos corpos são os mais preocupantes em termos ambientais e de saúde pública, devido à possibilidade de contaminação por microrganismos patogênicos presentes no efluente produzido durante o processo. Ademais, durante a putrefação dos corpos, se dá a liberação de odores, que não ocorre apenas em sepultamentos realizados no solo, podem também ser resultado de problemas de confecção e manutenção dos túmulos (PACHECO, 2012).

### 3.2 PROCESSO DE DECOMPOSIÇÃO DOS CORPOS

Depois de morto, o corpo humano começa a se transformar e passa a ser um ecossistema de populações formado por artrópodes, bactérias, microrganismos patogênicos destruidores de matéria orgânica, podendo por em risco o meio ambiente e a saúde pública (KEMERICH et al., 2010).

O processo de decomposição natural de um cadáver ou putrefação é a destruição dos tecidos moles pela ação de microrganismos pertencentes ao cadáver e ao meio, tais como as famílias *Pseudomonadaceae* e *Neisseriaceae*, e do gênero *Clostridium* (CAMPOS, 2007; FINEZA, 2008; SILVA 2012).

A decomposição do corpo humano inicia-se cerca de quatro minutos após a morte, podendo ser visualizada em 24 horas, com formação de gases e odores nauseabundos em dois ou três dias (VASS, 2001; MATOS, 2001; SILVA, 2012), contudo, é um processo lento, podendo ocorrer de quatro a oito semanas ou mais, retardado em oito vezes quando se compara cadáveres expostos a intempéries ou enterrados em cemitérios (PACHECO, 2012).

A putrefação dos cadáveres é influenciada por fatores intrínsecos, isto é, aqueles que pertencem ao próprio corpo, tais como idade, constituição física e *causa-mortis*, e por fatores extrínsecos, ou seja, aqueles pertinentes ao ambiente onde o corpo foi depositado, tais como temperatura, umidade, aeração, constituição mineralógica do solo e permeabilidade (KEMERICH et al., 2010).

A temperatura é indispensável no processo de decomposição, podendo ocorrer entre 0°C até 100°C, porém entre 15°C e 25°C são mais favoráveis. A umidade, por sua vez, está relacionada ao desempenho dos microrganismos degradadores e sua sobrevivência, sendo que o excesso de umidade é prejudicial ao processo putrefativo (CAMPOS, 2007).

A ventilação ou aeração favorece a ação de microrganismos aeróbios, que aceleram a decomposição do corpo, sendo que ela é mais rápida nos sepultamentos por inumação, do que nos por tumulação, que isola o cadáver (CAMPOS, 2007).

O tipo de solo pode dificultar ou acelerar o processo, os argilosos, por exemplo, por serem porosos e impermeáveis, dificultam o processo, o solo adequado seria aquele que possui características de permeabilidade, permitindo o acesso regular de oxigênio (PACHECO, 2000). Em contra partida, terrenos

compactos funcionam como excelentes envoltórios em termos de conservação dos corpos e, sob o ponto de vista da liberação de gases pútridos, retêm esses poluentes no solo, sendo, então, uma alternativa na questão de segurança ambiental.

O processo de decomposição pode ser dividido em quatro períodos, o de coloração, o gasoso, o coliquativo e o de esqueletização (SOBRINHO, 2002). O período de coloração inicia com uma mancha verde na parte inferior direita do abdômen e expande-se para a cabeça e membros no decorrer dos dias, esse processo dura até aproximadamente sete dias após o óbito, dependendo dos fatores a que o corpo está exposto (CAMPOS, 2007).

O período gasoso, ou efisematoso, é curto, com duração de uma a três semanas (PACHECO, 2012), nesse período, os gases originados na cavidade abdominal começam a se difundir por todo o corpo, originando a formação de bolhas cheias de líquido nos tegumentos e de um enfisema putrefativo facilmente visível (SOBRINHO, 2002). Esses gases causam inchaço por todo o corpo, que progride ocasionando à ruptura das paredes abdominais, com ruído característico, conhecido como o estouro cadavérico, acarretando em lesões pós-morte (VASS, 2001).

Já o período coliquativo, ou humoroso, é caracterizado pela dissolução pútrica dos elementos celulares e, conseqüentemente, liquefação dos tecidos, gerando um líquido funerário (CAMPOS, 2007). Os gases exalam e o corpo é reduzido a uma massa de odor fétido, perdendo, pouco a pouco, sua forma (SOBRINHO, 2002). Nesse período, além de germes putrefativos, há grande presença de larvas e insetos, conhecidos por “fauna de túmulos” ou “fauna cadavérica”, que são coadjuvantes no processo de decomposição (CAMPOS, 2007; PACHECO, 2000).

A ação continuada das bactérias e insetos, em conjunto com as condições ambientais, reduz, conseqüentemente, o volume e conduz a matéria orgânica ao estado pulverulento, deixando livre o esqueleto (SOBRINHO, 2002). O líquido produzido nesse período é chamado, por profissionais da medicina legal, de líquido funerário, porém, para pesquisadores que investigam a relação entre meio ambiente e cemitérios, é conhecido por necrochorume, fazendo analogia ao chorume resultante da decomposição de resíduos (PACHECO, 2012).

O período de esqueletização acontece após a destruição da matéria orgânica e a eliminação dos resíduos, ligamentos e a liberação e desmonte do

esqueleto. O fósforo liberado, sob a forma de fosfina, reage com oxigênio atmosférico, dando origem a um fenômeno luminoso de curta duração, conhecido como “fogo-fátuo” (SOBRINHO, 2002; SILVA, 2012).

Contudo, para fins ambientais e de saúde pública, são relevantes o período gasoso e o coliquativo, sendo de maior preocupação ambiental o que se refere ao necrochorume, devido a sua capacidade de percolação no solo e de causar danos à qualidade da água de mananciais e na captação de poços utilizados pelas populações vizinhas aos cemitérios (MIGLIORINI, 2006).

### 3.3 NECROCHORUME E SUA COMPOSIÇÃO

A quantidade de necrochorume, resultante do processo de putrefação do cadáver humano, é variável, dependente do seu peso, contudo, não existem estudos precisos sobre a proporção de geração de necrochorume e o peso do cadáver. Pacheco (2012), por meio da avaliação de parâmetros e de um cálculo teórico, afirma que um corpo adulto, de aproximadamente 70 kg, em sua decomposição, produz 45 litros de necrochorume. Em estimativa semelhante, Silva e Malagutti Filho (2009) afirmam um indivíduo de 70 kg resultaria em 42 litros de necrochorume. Já Ferrari e seus colaboradores (2015) atestam que um corpo de mesmo peso gera 30 litros de necrochorume e 24 litros de variados gases.

Esse efluente cadavérico é uma solução aquosa, de cor castanho-acinzentada, com viscosidade maior que a da água, de cheiro forte, rico em sais minerais, densidade média de  $1,23 \text{ g/cm}^3$ , pH entre 5 e 9 na temperatura de 23°C a 28°C (LEITE, 2009) e elevada demanda bioquímica de oxigênio (DBO) (PACHECO, 2012; SILVA; MALAGUTTI FILHO, 2009; LEITE 2009; ALMEIDA; MACÊDO, 2005, SILVA; MALAGUTTI FILHO; MOREIRA, 2009).

Quanto à toxicidade química do necrochorume, relaciona-se a teores anômalos de compostos das cadeias do fósforo e do nitrogênio, metais pesados e aminas, dentre as quais se destacam duas diaminas muito tóxicas, a putrescina (1,4 butanodiamina) e a cadaverina (1,5 pentanodiamina) (VASS, 2001; FINEZA, 2008). Quando degradadas em condições anaeróbias, essas substâncias geram amônio, como a putrescina, que pode ser fermentada por um grupo de clostrídios. Com o

consumo de oxigênio, a matéria orgânica é oxidada e o amônio transformado em nitrato (CASTRO, 2008).

Podem ainda ser constituintes do necrochorume elementos químicos dos vernizes, selantes e conservantes, além das alças de metal e ornamentos usados em caixões de madeira (JONKER;OLIVER, 2012), formaldeído e metanol, utilizados na embalsamação dos corpos e cosméticos, corantes e enrijecedores provenientes das técnicas de maquiar os cadáveres (tanatopraxia). Também são fontes de substâncias para o necrochorume (SILVA; MALAGUTTI FILHO, 2009) resíduos de tratamentos químicos hospitalares, como tratamentos quimioterápicos (PACHECO, 2012; SILVA; MALAGUTTI FILHO, 2009).

Pouco se sabe sobre a composição microbiológica do necrochorume, porém, em razão da composição química, é provável que sejam encontradas bactérias degradadoras de matéria orgânica (PACHECO, 2012), de proteínas e lipídios (MATOS, 2001) e bactérias excretadas por humanos e animais, como a *Escherichia coli*, *Enterobacter*, *Klebsiella* e *Citrobacter* (PACHECO, 2012; MATOS, 2001).

Silva e Malagutti Filho (2009) afirmam que o necrochorume contém quantidades elevadas de diferentes bactérias, como as causadoras de tétano (*Clostridium tetani*), gangrena gasosa (*Clostridium perfringes*), febre tifoide (*Salmonella typhi*), febre parasitoide (*Salmonella paratyphi*), disenteria (*Shigella dysenteriae*), dentre outras, além de muitos tipos de vírus, como os da hepatite. Apesar disso, não existem registros na literatura acerca de epidemias ou doenças infecciosas que foram consideradas resultado da infiltração originada por cemitérios (WHO,1998).

### 3.4 POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO DO NECROCHORUME NO SOLO E NA ÁGUA

Os sepultamentos de cadáveres são fontes de poluição para o meio ambiente (BACIGALUPO, 2012). Segundo Barbosa e Coelho (2006), para que haja risco de contaminação, devem estar presentes três fatores intervenientes, a fonte, o alvo e os caminhos que podem levar a contaminação até o alvo (Figura 1).



**Figura 1 - Esquema do risco de contaminação ambiental**

Fonte: BARBOSA e COELHO, 2006.

No caso dos cemitérios, a fonte é caracterizada pelas sepulturas e túmulos; enquanto os caminhos podem ser representados pela água das chuvas, que lava as sepulturas e percola pelo solo; e o alvo, representado pelo solo, a água subterrânea e população vizinha aos cemitérios.

Desta forma, pode-se afirmar que existe uma relação intrínseca entre o cemitério e o ambiente, uma vez que a decomposição dos cadáveres gera subprodutos que constituem um risco potencial, e podem afetar o solo, as águas superficiais e o aquífero freático (SILVA; SUGUIO, PACHECO, 2008), o que, segundo Leli e seus colaboradores (2012), se deve à falta de manejo adequado do empreendimento, uma vez que se fazem necessários o monitoramento e serviços de manutenção constantes.

Segundo Pacheco (2012), em caso de vazamento do necrochorume da urna para a sepultura, a tendência é que o contaminante infiltre verticalmente no solo com ajuda das águas superficiais e de infiltração. Conforme as características do terreno, como granulometria, quantidade de argila e profundidade do nível do aquífero freático, a carga contaminante poderá ou não ser eliminada.

Segundo Minuzzo (2016), a taxa de infiltração é influenciada principalmente pela densidade e pela textura (granulometria) do solo. Entende-se por densidade a relação entre a massa de solo por unidade de volume, o qual inclui o volume de sólidos e de poros do solo (REINERT; REICHERT, 2006). A densidade é inversamente proporcional à porosidade do solo, desse modo, quanto maior o valor de densidade, menor a quantidade de espaços vazios nos solos e conseqüentemente, menor a taxa de infiltração de líquidos, como por exemplo, o necrochorume (BRADY; WEIL, 2002; PINTO, 2006; CARNEIRO, 2008; BRANDÃO et al, 2012).

Em relação à granulometria, solos com textura grossa apresentam maior quantidade de espaços vazios e geralmente menor densidade quando comparados

com solos de texturas finas. Consequentemente esses solos apresentam maior capacidade de condutividade hidráulica. (BRANDÃO et al.,2012).

Dessa forma, visando o favorecimento dos processos de decomposição e as condições ideais de drenagem do necrochorume, a proporção de argila no solo deve ficar entre 20% e 40% (SILVA; MALAGUTTI FILHO, 2009). Em contraponto, para Campos (2007) os melhores tipos de solo para implementação de cemitérios, são os mistos de areia, silte e argila em quantidades balanceadas, pois combinam a facilidade da decomposição de cadáveres com a dificuldade de liberação de elementos gasosos.

Além das características texturais, a vulnerabilidade de contaminação também depende das características geológicas e hidrogeológicas. O solo, de modo sucinto, pode ser dividido em duas zonas, a zona não saturada ou de aeração, composta por partículas sólidas e espaços vazios, os quais são ocupados por água e ar, e a zona saturada, na qual a água ocupa todos os espaços, sendo o limite delas o nível do lençol freático (SILVA; MALAGUTTI FILHO, 2009).

A zona não saturada funciona como um filtro, por apresentar um ambiente favorável à modificação de compostos orgânicos e inorgânicos, além de retenção e eliminação de bactérias e vírus (SILVA; MALAGUTTI FILHO, 2009). As bactérias possuem dimensão suficiente para que ocorra sua fixação mecânica, através do retardamento de seu movimento pelos poros do solo, ocorrendo, geralmente, em solos arenosos, que possuem baixa permeabilidade (PACHECO, 2012).

Os vírus, por sua vez, possuem menor dimensão e estão sujeitos ao mecanismo de adsorção ou fixação pela presença de cargas elétricas na superfície das partículas minerais que constituem o solo ou a matriz do aquífero, sendo que materiais compostos por minerais de argila são mais eficazes na retenção e retardação de partículas viróticas (PACHECO, 2012).

Nos solos que apresentam média permeabilidade e alta capacidade de absorção e retenção do material argiloso, associada à grande distância até o lençol, o necrochorume se movimenta lentamente e as substâncias do contaminante são interceptadas na zona não saturada, classificando a atividade cemiterial como de médio risco para a contaminação das águas subterrâneas (SILVA; MALAGUTTI FILHO, 2009).

Se a sepultura estiver abaixo do nível freático, pode ser inundada, gerando uma situação de extremo risco de contaminação. Outra situação se dá quando o

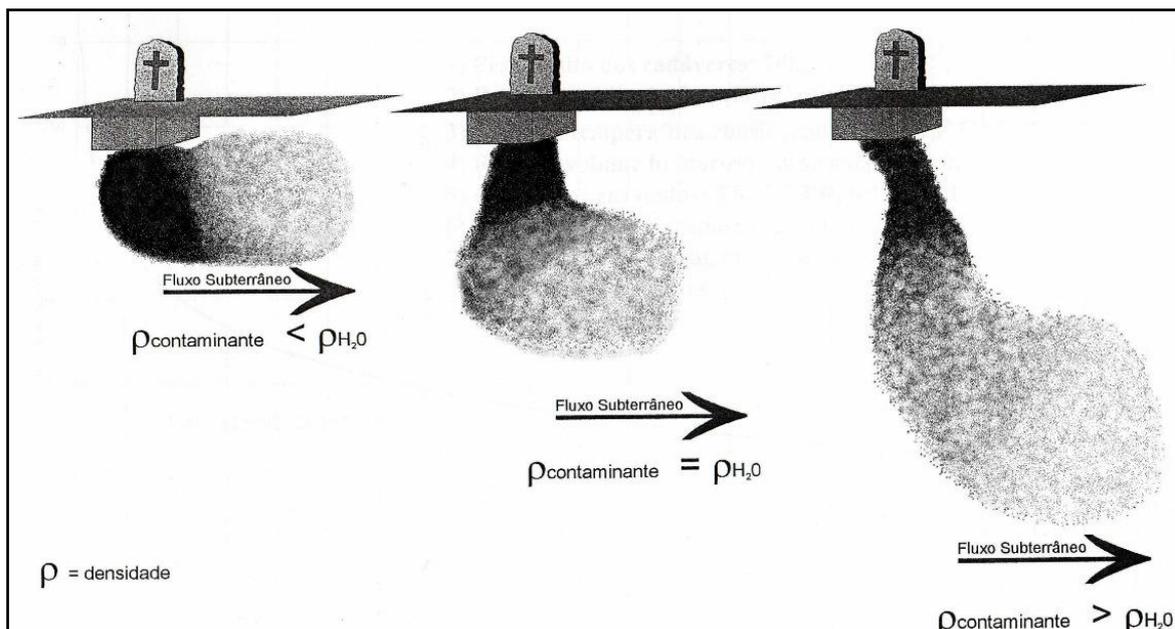
solo apresenta elevada permeabilidade, permitindo a infiltração profunda do necrochorume, ou a distância para o lençol é inadequada, nesses casos, o cemitério classifica-se como uma situação de alto risco para contaminação das águas subterrâneas, já que os contaminantes chegam facilmente até às águas subterrâneas (SILVA; MALAGUTTI FILHO, 2009).

Em corpos d'água superficiais, como rios e córregos, a possibilidade de contaminação da água por microrganismos resultantes do processo de putrefação dos corpos é bastante remota (BERTACHI, 2013).

Porém, em cemitérios pavimentados e impermeabilizados pelos túmulos, com sistemas de drenagem das águas pluviais deficientes, essas podem escoar superficialmente e inundar os túmulos vulneráveis e, após atravessarem os cemitérios, essas águas são, geralmente, lançadas na rede pluvial urbana e canalizadas para os corpos d'água, podendo assim, contaminá-las com substâncias carregadas do interior dos cemitérios (SILVA; MALAGUTTI FILHO, 2009).

As águas subterrâneas de pequena profundidade, conhecidos como aquíferos freáticos ou livres, retiradas por poços rasos ou escavados, apresentam maior índice de contaminação por cemitérios inadequadamente implantados, além de ser facilitada pela ação das chuvas, fazendo a lavagem das sepulturas e o transporte vertical do necrochorume através do solo, enquanto as águas subterrâneas de maior profundidade estão naturalmente mais protegidas, considerando-se a capacidade de filtração dos solos (PACHECO, 2012; BERTACHI, 2013).

Ao entrar em contato com a água do aquífero, o necrochorume apresenta certa viscosidade e densidade, podendo formar manchas poluidoras migrantes (Figura 2), conhecidas como plumas de poluição, as quais se disseminam pelo subsolo como uma nuvem, com velocidade variável, podendo atingir distâncias quilométricas da fonte pontual de poluição (FINEZA, 2008).



**Figura 2 - Plumias de contaminação**

Fonte: Campos, 2007.

Ao atingir o aquífero, a carga química e biológica do contaminante será transportada pelo fluxo hidráulico, deslocando-se das áreas de recarga para as zonas de descarga. Em razão da diluição, pode ocorrer uma atenuação dos contaminantes, resultando na dispersão do fluxo ou do estabelecimento da qualidade da água (PACHECO, 2012).

Se a água fluir contaminada da área interna do cemitério para a área externa e for captada em nascentes ou poços escavados, os usuários dessa água tornam-se vulneráveis a riscos de saúde (PACHECO, 2012).

### 3.5 LEGISLAÇÕES FEDERAIS, ESTADUAIS E MUNICIPAIS SOBRE ATIVIDADE CEMITERIAL

No Brasil, a atividade cemiterial é regida pela Resolução CONAMA nº 335, de 03 de abril de 2003, que dispõe sobre o licenciamento ambiental de cemitérios, traz definições adotadas, bem como a documentação a ser apresentada durante as fases de licenciamento, além de estabelecer as exigências que deverão ser atendidas pelos cemitérios (BRASIL, 2003).

Essa resolução determina que a área de sepultamento deverá manter recuo mínimo de cinco metros em relação ao perímetro do cemitério, podendo ser ampliado em função das características hidrogeológicas da área. Além disso, traz que os resíduos sólidos, não humanos, resultantes do processo de exumação deverão ter destinação ambiental e sanitária adequadas (BRASIL, 2003).

A resolução aborda ainda que o procedimento nela estabelecido poderá ser simplificado, a critério do órgão ambiental competente, após aprovação dos Conselhos de Meio Ambiente em cemitérios localizados em municípios com população inferior a trinta mil habitantes, cemitérios localizados em municípios isolados, não integrantes de área conturbada ou região metropolitana e para cemitérios com capacidade máxima de quinhentos jazigos (BRASIL, 2003).

Tal resolução foi alterada pela Resolução CONAMA nº 368, em 28 de março de 2006, dentre as alterações, estabelece que o nível inferior das sepulturas deverá estar à distância de, pelo menos, 1,5 metros acima do nível do lençol freático, medido no fim da estação das cheias. Além disso, acrescenta à antiga resolução que a área prevista para implantação de cemitérios deverá estar a uma distância segura de corpos de água, sejam eles superficiais ou subterrâneos, como garantia da qualidade da água (BRASIL, 2006).

Essa resolução acrescenta ainda que o perímetro e o interior dos cemitérios deverão ser providos de sistema de drenagem adequado e eficiente, além de inserir que o subsolo da área pretendida deverá ser constituído por materiais com coeficientes de permeabilidade entre  $10^{-5}$  e  $10^{-7}$  cm/s, na faixa compreendida entre o fundo das sepulturas e o nível do lençol freático, medido no fim da estação das cheias. Em caso de permeabilidades maiores, é necessário que o nível inferior dos jazigos esteja dez metros acima do nível do lençol (BRASIL, 2006).

Por meio da Resolução CONAMA nº 402, de 17 de novembro de 2008, foi realizada uma nova alteração da Resolução CONAMA nº 355, a qual institui aos órgãos ambientais municipais de meio ambiente o dever de estabelecer, até dezembro de 2010, critérios para adequação dos cemitérios existentes até abril de 2003. Além disso, acrescenta que o plano de encerramento das atividades deverá constar no processo de licenciamento ambiental, incluindo medidas de recuperação da área e indenização das possíveis vítimas (BRASIL, 2008).

No estado do Paraná, o Código de Saúde do Paraná, Lei nº 13331, de 23 de janeiro de 2001, dispõe sobre a organização, regulamentação, fiscalização e

controle das ações de serviços de saúde no estado. A lei possui uma seção destinada apenas a cemitérios, funerárias, capelas mortuárias, necrotérios, instituições de medicina legal, crematórios e congêneres; essa seção estabelece distâncias mínimas para zonas abastecidas ou não pela rede pública de água, sistemas de drenagem das covas, tratamento de efluentes, drenagem das águas pluviais, bem como a construção de poços de monitoramento do lençol freático e subterrâneo (PARANÁ, 2001).

O Código de Saúde do Estado ainda estabelece a distância mínima de 5 metros de profundidade dos cemitérios em relação ao lençol de água e acrescenta que o nível dos cemitérios em relação aos cursos de água vizinhos deverá ser suficientemente elevado, de maneira que não atinjam o fundo das sepulturas em épocas de enchentes (PARANÁ, 2001).

Ainda no mesmo estado, considerando a potencial e efetiva degradação ambiental provocada pela implementação e operação de cemitérios e a necessidade da adoção de uma política ambiental que vise a proteção do solo, subsolo, recursos hídricos superficiais e subterrâneos, da saúde pública e da sadia qualidade de vida da população, a Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEMA) estabeleceu a Resolução nº 002, do ano de 2009, que dispõe sobre o licenciamento ambiental de cemitérios, estabelece condições e critérios e dá outras providências. A resolução estabelece critérios técnicos para implementação e/ou regularização de cemitérios destinados ao sepultamento de cadáveres humanos ou não, no que se refere à proteção e a preservação ambiente, em particular do solo e das águas subterrâneas.

No que tange a legislação municipal, Francisco Beltrão, localizado no estado do Paraná, conta com a Lei nº 1112, de 28 de novembro de 1984, que estabelece normas relativas a concessões e uso dos cemitérios municipais e dá outras providências. Apesar de bastante antiga em relação às legislações federais e estaduais, a lei estabelece que cemitérios não devem se situar a montante de qualquer reservatório de adução de água, os lençóis de água deverão estar a, pelo menos, dois metros do ponto mais profundo do utilizado para sepultura e que deverão ser constituídos de rede de galerias de águas pluviais (FRANCISCO BELTRÃO, 1984).

Francisco Beltrão dispõe, ainda, da Lei nº 3361, de 25 de junho de 2007, a qual institui o Código de Posturas do Município de Francisco Beltrão e dá outras

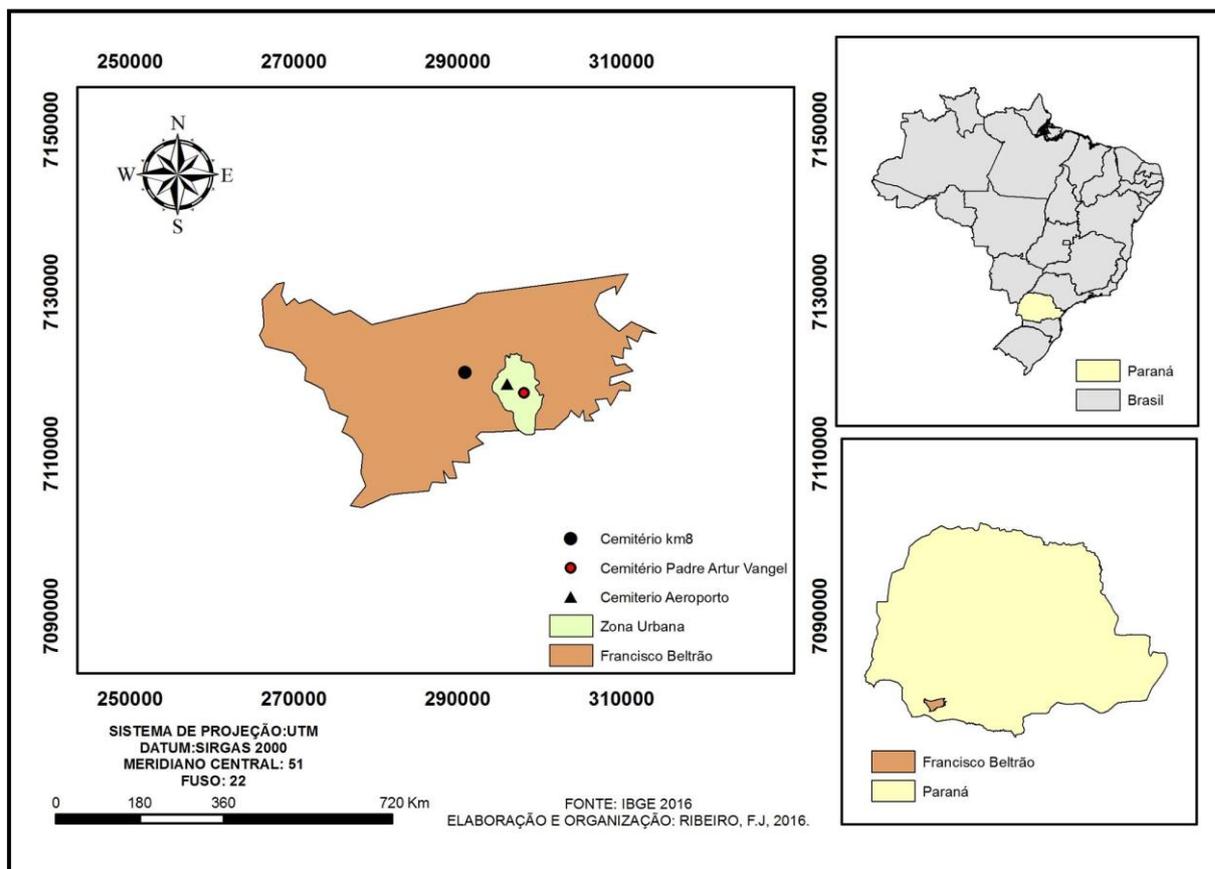
providências, essa lei possui uma seção destinada aos cemitérios e construções funerárias, em que reafirmam as condições ambientais exigidas pela Lei nº 1112 (FRANCISCO BELTRÃO, 1984).

Considerando as legislações referentes a cemitérios, em todas as esferas, federal, estadual e municipal, observa-se que estas se fundem e se completam, de modo que a instalação de cemitérios posterior à data de vigor das leis, garante menores impactos ambientais e maior proteção à qualidade das águas subterrâneas.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Os cemitérios em estudo estão localizados no município de Francisco Beltrão, situado no sudoeste paranaense (Figura 3). De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 2010, o município possuía uma população de 78943 habitantes e uma área de 735,111 km<sup>2</sup> (IBGE, 2010a), sendo 85% da sua população residente na área urbana (IBGE, 2010b).



**Figura 3 - Localização da área de estudo**

De acordo com a classificação de Köppen, o clima predominante na região sudoeste do estado do Paraná é do tipo temperado úmido com verão quente (Cfa), no qual a temperatura média no mês mais frio inferior a 18°C (mesotérmico) e acima de 22°C no mês mais quente. Na região a ocorrência de geadas não é frequente, os

verões são quentes, concentrando nessa estação a ocorrência de chuvas, apesar de a estação seca não ser definida (ITCG, 2008a).

## 4.2 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DO SOLO

A caracterização do solo dos cemitérios estudados foi realizada por meio de análises de granulometria, densidade e porosidade do solo. Todas as análises de solo foram realizadas no Laboratório de Solos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Francisco Beltrão, segundo Manual de Métodos de Análise de Solo (EMBRAPA, 1997).

### 4.2.1 DENSIDADE

As análises de densidade do solo foram realizadas pelo método do anel volumétrico, de modo que as amostras foram coletadas por meio de um anel de aço de bordas cortantes e volume interno de 50 cm<sup>3</sup>.

O procedimento baseou-se no volume conhecido do anel ou cilindro, a quantidade de solo contida no anel foi transferida para um recipiente de massa conhecida e foi pesada. A amostra foi colocada em uma estufa, a 105°C, por 24h.

Deste modo, o cálculo da densidade do solo foi realizado por meio da razão entre a massa de partículas e o volume que elas ocupam em um recipiente (Equação 1).

$$D_s = \frac{a}{b} \quad (1)$$

Onde:

$D_s$  = Densidade do solo (g.cm<sup>-3</sup>)

$a$  = massa da amostra seca a 105 °C (g)

$b$  = volume do anel ou cilindro (cm<sup>3</sup>)

#### 4.2.2 POROSIDADE

A determinação de porosidade das amostras de solo foi realizada pelo método de Porosidade total (Equação 2).

$$P = \left( \frac{a-b}{a} \right) \times 100 \quad (2)$$

Onde:

P = Porosidade do solo

a = Densidade de partícula ( $\text{g.cm}^{-3}$ )

b = Densidade do solo ( $\text{g.cm}^{-3}$ )

Para a realização do cálculo (Equação 2) fez-se necessária a realização da análise de densidade de partícula.

O método baseou-se na determinação do volume de álcool necessário para completar a capacidade de um balão volumétrico, contendo solo seco em estufa (EMBRAPA, 1997). Para tal procedimento, foi necessário pesar 20g de solo, colocá-lo em uma lata de alumínio de massa conhecida, leva-la a estufa por 12 horas, desseca-la e pesa-la, de modo que fosse obtido a massa da amostra seca a  $105^{\circ}\text{C}$ .

Em seguida, a amostra foi transferida para um balão volumétrico aferido de 50 mL. Nessa ocasião, adicionou-se álcool etílico, agitando o balão para eliminar as bolhas de ar que se formaram, até completar o volume do balão (EMBRAPA, 1997). Dessa forma, obteve-se o valor para densidade de partículas (Equação 3).

$$Dp = \left( \frac{a}{50 - b} \right) \quad (3)$$

Onde:

Dp = Densidade de partículas ( $\text{g/cm}^3$ )

a = massa da amostra seca a  $105^{\circ}\text{C}$  (g)

b = volume de álcool gasto ( $\text{cm}^3$ )

### 4.2.3 GRANULOMETRIA

A análise granulométrica das amostras de solo foi determinada pelo método da pipetagem, o qual se baseia na velocidade de sedimentação das partículas que compõe o solo, conforme estabelecido pela Embrapa (1997), corrigida por Ruiz (2005). O procedimento se deu através da metodologia descrita para solos normais.

Foi realizada a adição de 20g de solo ( $M_{(tfsa)}$ ) em um béquer de plástico de 250 mL, no qual foi adicionado 100 mL de água destilada e 10 ml de uma solução de hidróxido de sódio (0,1 mol/L), sendo dissolvido 40g de hidróxido de sódio em 1L de água destilada, agitada e mantida em repouso por 24 horas coberta com um vidro de relógio.

Depois disso, o conteúdo do béquer foi transferido para o copo metálico do agitador elétrico “stirrer”, deixando o volume do copo (850 mL) em torno de 300 mL, agitando por 15 minutos. Após isso, o conteúdo do copo metálico foi passado pela peneira nº 270 (0,053mm), colocada sobre um funil e uma proveta de 1000 mL.

O volume da proveta foi ajustado até o aferimento com o auxílio de uma pisseta. Após isso, realizou-se a agitação da suspensão por cerca de 20 segundos, em seguida foi coletada uma amostra de 50 mL da suspensão em uma cápsula de porcelana de massa conhecida e encaminhada à estufa até que evaporasse toda a suspensão, a fim de obter a massa de silte, argila e dispersante ( $M_{(s+arg+d)}$ ). Foi realizada também a prova em branco, onde foi colocado 10 mL do dispersante (NaOH) na proveta de 1000 mL contendo água.

Dando sequência ao procedimento, de acordo com a temperatura aferida, obteve-se o tempo de sedimentação da argila utilizando a tabela proposta pela metodologia (Embrapa, 1997).

Terminado o tempo de sedimentação, introduziu-se uma pipeta de 50 mL até a profundidade de 5 cm e coletou-se a amostra, a qual foi transferida para uma capsula de porcelana de peso conhecido e levada a estufa até que a suspensão fosse evaporada. Obtendo assim, a massa da argila mais o dispersante ( $M_{(arg+d)}$ ). Para a prova em branco, também procedeu-se da mesma forma, obtendo a massa do dispersante ( $M_{(d)}$ ).

A areia que permaneceu retida na peneira 0,053 mm foi lavada com jato forte de água de torneira e transferida para uma placa de Petri, de peso conhecido e

levada a estufa de até que o excesso de água fosse eliminado. Após o término do processo, obteve-se o peso da areia grossa mais areia fina ( $M_{(ag + af)}$ ). A fração obtida foi transferida para a peneira nº70 (0,2 mm), onde procedeu-se a separação da areia grossa, obtendo-se a massa de areia fina ( $M_{(af)}$ )

Os valores de massa encontrados foram utilizados na determinação do teor de areia fina (Equação 4), areia grossa (Equação 5), argila (Equação 6) e silte (Equação 7).

$$X(af) = M(af) \frac{1}{M(tf_{sa})} f \quad (4)$$

$$X(ag) = [M(ag + af) - M(af)] \frac{1}{M(tf_{sa})} f \quad (5)$$

$$X(arg) = [M(arg + d) - M(d)] \frac{V_t}{V_c} \frac{1}{M(tf_{sa})} f \quad (6)$$

$$X(s) = 1 - [X(arg) + X(af) + X(ag)] \quad (7)$$

O valor de  $f$  foi encontrado pela divisão entre  $M_{(tf_{sa})}$  e  $M_{(tf_{se})}$ , que corresponde a massa da terra fina seca em estufa (Equação 8).

$$f = \frac{M(tf_{sa})}{M(tf_{se})} \quad (8)$$

#### 4.3 LEVANTAMENTO DE INFORMAÇÕES SOBRE CEMITÉRIOS MUNICIPAIS

As informações sobre os cemitérios municipais de Francisco Beltrão foram obtidas por meio de um roteiro de questões (Apêndice A), o qual foi aplicado ao Senhor Claudiomar Loss, da Secretaria de Municipal de Urbanismo, responsável, desde 1989 pela administração e pelas documentações cabíveis aos cemitérios municipais. A aplicação do roteiro foi gravada, em áudio, de modo que a troca de informações ficasse dinâmica e facilitasse a transcrição das informações.

O roteiro foi formado por 14 questões que diziam respeito à quantidade de cemitérios existentes nos município, início dos sepultamentos, tipo de sepultura e número médio anual de sepultamentos.

Além disso, foi indagado a respeito de reclamações em relação aos cemitérios municipais, se esses contavam com estruturas para drenagem pluvial, se cumpriam as legislações federal, estadual e municipal vigentes em relação aos cemitérios, sobre projetos de melhorias e coleta de resíduos nesses empreendimentos.

Questões sobre a existência de poços de monitoramento da qualidade da água subterrânea, existência de poços de abastecimento nas proximidades dos cemitérios também foram consideradas, além de perguntas relacionadas a análises, aceitabilidade e tratamento da água dos poços.

#### 4.4 LEVANTAMENTO DE INFORMAÇÕES SOBRE O CEMITÉRIO DA COMUNIDADE KM 8

Dentre as comunidades rurais de Francisco Beltrão, foi optado por realizar o estudo junto à Comunidade Km 8, escolhida por possuir uma nascente utilizada para abastecimento nas proximidades do cemitério, que leva o mesmo nome da comunidade.

O levantamento das informações referentes ao cemitério localizado na comunidade foi realizado por meio de um roteiro de questões (Apêndice B), semelhante ao aplicado à Prefeitura Municipal de Francisco Beltrão.

O roteiro foi aplicado à Senhora Ivanilda de Deus Zatti, moradora e membro da comunidade Km 8, responsável pela ata do cemitério da comunidade a 20 anos. O mesmo contemplou 13 questões, nas quais, as primeiras, referiam-se à forma de abastecimento de água utilizada pela comunidade, se esta utilizava poços e sobre a qualidade da água, caso existissem, se houveram reclamações a respeito da água dos poços da comunidade e se foram realizadas análises da qualidade dessas águas.

Outras questões referiam-se ao cemitério da comunidade, semelhantes às levantadas no questionário que será aplicado à Prefeitura Municipal de Francisco Beltrão.

#### 4.5 COLETA DE AMOSTRAS DE ÁGUA

A coleta da amostra de água subterrânea foi realizada na saída da nascente de uma residência, localizada a 100 m do cemitério da Comunidade Km 8, pertencente ao município de Francisco Beltrão, conforme recomendação do Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras (CETESB; ANA, 2012).

A água foi bombeada por tempo necessário para que fosse eliminado o conteúdo estagnado na tubulação, para posterior coleta e armazenamento das amostras em recipientes plásticos previamente limpos. Já a amostra do Rio Lonqueador foi coletada nas proximidades do Cemitério Municipal Padre Artur Vangeel, em recipientes plásticos a serem destinados ao laboratório. O transporte das amostras foi realizado sob refrigeração, assim como a etapa de armazenamento, até o momento dos ensaios.

Os ensaios físico-químicos foram realizados no Laboratório de Qualidade Agroindustrial - LAQUA - Alimentos e Água, localizado no município de Pato Branco, Paraná, bem como a análise microbiológica de Coliformes e *Escherichia Coli*. Já a amostragem de *Clostridium perfringens* foi realizada no laboratório LGQ, localizado no município de Francisco Beltrão, Paraná.

#### 4.6 ANÁLISES FÍSICO – QUÍMICAS

As análises físico-químicos foram realizadas para os parâmetros condutividade elétrica, turbidez, cálcio, dureza, nitrogênio amoniacal, nitrato, nitrito e pH.

As análises das amostras foram realizadas de acordo com o recomendado pelas normas do *Standard Methods for the Examination of Water and wastewater* (APHA, 2012).

O método empregado para determinação da condutividade elétrica foi o eletrométrico por meio do condutivímetro, no qual a leitura das amostras é realizada submergindo o eletrodo na amostra a ser medida. A turbidez, por sua vez, foi determinada com auxílio de um turbidímetro, de forma que foi necessária a calibração do aparelho utilizando padrão conhecido.

O pH das amostras foi aferido com o auxílio de pHmetro de bancada, o qual foi obtido pela leitura do mesmo no monitor do equipamento, inserindo o eletrodo na amostra.

A determinação de dureza total foi fundamentada na titulação complexométrica de sais de cálcio e magnésio por uma solução de sal sódico do EDTA em presença do indicador negro de ericromo. O mesmo foi realizado para o branco.

O valor de dureza total das amostras foi determinado pela diferença do volume de EDTA gasto na titulação e no branco, multiplicado pelo fator da solução de EDTA e pelo fator de correção 1000, e por fim dividido pelo volume da amostra (Equação 9).

$$Dureza [mg CaCO_3/L] = \frac{(V-V') \times f \times 1000}{v} \quad (9)$$

Onde:

V = mL de solução de EDTA gasto na titulação;

V' = mL de solução de EDTA gasto na titulação do branco;

f = fator da solução de EDTA;

v = volume da amostra.

Para determinação de cálcio das amostras, foi realizado o mesmo procedimento de determinação de dureza, porém foi adicionado murexida às amostras (Equação 10).

$$Cálcio [mg Ca/L] = \frac{(V1 - V2) \times f \times 0,01 \times 40,08 \times 1000}{V} \quad (10)$$

Onde:

V1= Volume de EDTA gasto na titulação da amostra

V2= Volume de EDTA gasto na titulação do branco

F= Fator de correção do EDTA

V= Volume da amostra.

As determinações de nitrogênio amoniacal, nitrato e nitrito foram realizados por espectrofotômetro, zerando o equipamento com a amostra em branco e posteriormente foi realizada a leitura das amostras.

#### 4.7 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS

Foram realizadas amostragens dos indicadores microbiológicos de contaminação do processo de decomposição de cadáveres humanos, coliformes totais, *Escherichia Coli*, *Clostridium perfringens*.

A determinação de coliformes totais e *Escherichia Coli* foi realizada por meio da inoculação das amostras em meio de cultura Petrifilm<sup>3M</sup> EC para contagem de *Escherichia Coli*, o qual, na presença de coliformes, apresentou colônias avermelhadas, já na presença de *Escherichia Coli*, apresentou coloração azulada. Para a contagem foi utilizado um contador de colônias.

A determinação de *Clostridium perfringens* foi realizada segundo metodologia proposta pela Directiva 98/83 (COMISSÃO EUROPEIA, 1998). A técnica foi baseada na filtração de um volume conhecido da amostra, ou diluições da mesma, através de uma membrana filtrante estéril com porosidade adequada (0,45 µm). A filtração foi realizada com um aparelho que consta de um funil de filtração com tampa, suporte de membrana e frasco receptor.

As bactérias detectadas, que apresentaram dimensões maiores, ficaram retidas na superfície da membrana, a qual foi então, transferida para uma placa de Petri, contendo o meio de cultura seletivo e diferencial. Por capilaridade, o meio foi difundido para a membrana que, em contato com as bactérias, desenvolveram colônias com características típicas, que puderam ser observadas e contadas.

#### 4.8 PARÂMETROS LEGAIS DE COMPARAÇÃO

Os resultados dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos para água subterrânea foram comparados ao padrão de potabilidade estabelecido pela Portaria nº 2914, do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011), enquanto os resultados encontrados para a água superficial foram comparados ao padrão estabelecido para Classe II, das águas doces, regulamentado pela Resolução CONAMA nº 357 (BRASIL, 2005).

A comparação da qualidade da água do corpo hídrico superficial com o normatizado para Classe II se deu em decorrência do estabelecido na Resolução nº 91, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos, que institui, em seu artigo 15, que, até que a autoridade outorgante tenha informações necessárias quanto à definição dos usos, poderá ser adotada para águas superficiais, a Classe II (BRASIL, 2008).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DO SOLO

#### 5.1.1 DENSIDADE E POROSIDADE

As amostragens de solo determinaram valores de densidade de 0,9714 g/cm<sup>3</sup> para o cemitério da Comunidade Km 8, 0,6947 g/cm<sup>3</sup> para o Cemitério do Aeroporto e de 1,1523 g/cm<sup>3</sup> para o Cemitério Padre Artur Vangeel (Tabela 1).

**Tabela 1 - Resultados de densidade e porosidade dos solos**

<b>Cemitério</b>	<b>Densidade (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Porosidade (%)</b>
<b>Comunidade Km 8</b>	0,9714	66,54
<b>Aeroporto</b>	0,6947	78,1
<b>Padre Artur Vangeel</b>	1,1523	62,13

Os valores normais de densidade para solos arenosos variam de 1,2 a 1,9 g/cm<sup>3</sup>, enquanto solos argilosos apresentam valores mais baixos, de 0,9 a 1.7 g/cm<sup>3</sup> (REINERT; REICHERT, 2006), em concordância com os valores encontrados no presente trabalho, excetuando o valor obtido para o Cemitério Municipal do Aeroporto, considerando a predominância de solos argilosos no município de Francisco Beltrão – PR (GOMES et al., 2013).

Valores de densidade do solo associados à compactação, para solos argilosos, situam-se em torno de 1,45 g/cm<sup>3</sup> (REINERT; REICHERT, 2006), indicando solos não compactados para os três cemitérios estudados.

Os valores de porosidade encontrados são de 66,54% para o solo do cemitério da Comunidade Km 8, de 78,1% para o Cemitério Municipal do Aeroporto e de 62,13% para o Cemitério Municipal Padre Artur Vangeel (Tabela 1).

Nogueira (2009) afirma que a porosidade de solos argilosos varia de 40% a 60%, porcentagens em discordância com os valores apresentados para os cemitérios estudados.

De acordo com os resultados encontrados para densidade e porosidade (Tabela 1), o solo do Cemitério Municipal do Aeroporto possui maior probabilidade de percolação, por apresentar maior porosidade, quando comparado aos solos dos cemitérios da Comunidade Km 8 e Padre Artur Vangeel, sendo o último o mais favorável a retenção de contaminantes.

### 5.1.2 GRANULOMETRIA

A composição granulométrica do solo do cemitério da Comunidade Km 8 apresentou 39,59% de argila, 49,82% de silte e 10,59% de areia, e para o Cemitério Municipal do Aeroporto 56,42% de argila, 40,82% de silte e 2,72% de areia (Tabela 2).

**Tabela 2 – Resultados das análises granulométricas**

Cemitério	Composição granulométrica (%)			
	Areia fina	Areia grossa	Silte	Argila
<b>Km 8</b>	4,05	6,54	49,82	39,59
<b>Aeroporto</b>	1,42	1,3	40,82	56,42

Gomes et al. (2013), em seu estudo “Geomática aplicada na caracterização da vulnerabilidade ambiental dos solos da cidade de Francisco Beltrão (PR).”, encontraram nas análises granulométricas solos de textura argilosa em todas as amostras coletadas no município, foram observados teores de argila maiores ou iguais a 35%, divergindo dos valores encontrados neste trabalho, no qual foram constatados elevados valores de silte, fato que pode ter ocorrido pela dificuldade de sedimentação do mesmo devido a umidade e a temperatura baixa nos dias em que foram realizadas as análises, assim como a influência do tempo de contato com o reagente.

O mesmo fato pode ter acarretado em resultados com valores discrepantes para o solo do Cemitério Municipal Padre Artur Vangeel, tendo então, que ser desconsiderado, pois não apresentava nenhuma relação próxima com os valores encontrados na literatura.

Brandão e colaboradores (2012) em seu livro sobre infiltração da água no solo consideram que o aumento da proporção de silte no solo reduz a infiltração, já que esta fração possui baixa potencialidade em formar agregados, além de possuir pequeno diâmetro. Com isso, podemos correlacionar que os resultados encontrados, dificultam a infiltração, não somente da água, como também de líquidos humorais.

Apesar disso, as características granulométricas encontradas para os solos estudados podem ter apresentado discordância com os valores esperados para os solos característicos da região, pelo fato de apresentarem resíduos de areia de construção, evidenciados em campo, bem como por terem sofrido desagregação para a construção de novas tumulações.

## 5.2 LEVANTAMENTO DE INFORMAÇÕES SOBRE CEMITÉRIOS MUNICIPAIS

Os cemitérios municipais de Francisco Beltrão são de responsabilidade da Secretaria de Administração, porém, o responsável técnico pelos registros referentes aos cemitérios pertence à Secretaria de Urbanismo.

Levantou-se a existência de três cemitérios instalados na área urbana de Francisco Beltrão, dois pertencentes ao poder público municipal, o Cemitério Municipal Padre Artur Vangeel, o Cemitério Municipal do Aeroporto e o Cemitério Parque Jardim da Luz, de propriedade particular.

Já no que se refere aos cemitérios localizados na área rural de Francisco Beltrão, não há conhecimento do número exato, porém, foi informado que cada comunidade possui seu cemitério, contudo, a prefeitura não possui informações sobre esses locais.

O Cemitério Municipal Padre Artur Vangeel, do tipo convencional, é o mais antigo, tendo as primeiras sepulturas datadas de 1930, porém os títulos de perpetuidade começaram a ser expedidos no ano de 1977. Em decorrência do

tempo entre o início dos sepultamentos e a expedição de títulos, alguns registros podem ter sido extraviados, havendo a possibilidade de existirem sepulturas anteriores a 1930. Já o Cemitério Municipal do Aeroporto, do tipo parque, iniciou os sepultamentos em 2001, em virtude da falta de lotes vagos no primeiro.

No Cemitério Padre Artur Vangeel, as sepulturas são realizadas em carneiras, tipos de tumulações mais simples, túmulos ou jazigos, enquanto que no Cemitério do Aeroporto, as sepulturas possuem apenas as paredes de alvenaria, a parte inferior é coberta com uma camada de pedriscos.

A prefeitura não possui registros oficiais sobre o número de sepultamentos, contudo, a média varia de um a dois por dia, levando em conta que foi informado que o maior número corresponde aos meses de inverno, entre junho e agosto. Os sepultamentos ocorrem no Cemitério Municipal Padre Artur Vangeel, uma vez que no Cemitério Municipal do Aeroporto são realizados sepultamentos quando a família não possui terrenos comprados, jazigos ou túmulos no primeiro.

No que diz respeito a reclamações em relação aos cemitérios, geralmente se referem ao vandalismo, pelo roubo de cobre e alumínio das lápides, e quebra das estruturas. Segundo relatos, reclamações quanto a mau cheiro ocorreram apenas na década de 1990, quando o cemitério utilizava gavetões para a realização dos sepultamentos, sendo que o odor podia ser sentido a uma certa distância do cemitério, de acordo com o sentido do vento.

Quando questionado sobre as legislações referentes aos cemitérios, seja ela municipal, estadual ou federal, a informação obtida foi de total desconhecimento, destacando ainda para o fato de que nunca houveram cobranças ou citações exigindo do município adequações referentes ao estabelecimento de novas legislações.

Contudo, mesmo não estando de acordo com as legislações, o Cemitério Municipal Padre Artur Vageel possui estruturas de drenagem, como bocas de lobo e galerias para o escoamento da água pluvial. Apesar de possuir este tipo de estrutura, durante a visita *in loco*, verificou que a mesma está danificada pela ação do tempo e pelo impacto (Figura 5). Já o Cemitério Municipal do Aeroporto não possui nenhuma estrutura de drenagem, toda água pluvial infiltra-se no solo, uma vez que é coberto por grama (Figura 6).



**Figura 4 - Estruturas de drenagem pluvial do Cemitério Municipal Padre Artur Vangeel**



**Figura 5 - Cemitério Municipal do Aeroporto**

Quanto às adequações e melhorias pretendidas, no Cemitério Municipal Padre Artur Vangeel, dizem respeito apenas ao levantamento de muros, colocação de portões e obras de pavimentação; já no Cemitério Municipal do Aeroporto são

quanto a abertura de novas quadras. No entanto, nenhuma adequação ambiental ou de acordo com as legislações foi citada.

A coleta de resíduos dos cemitérios de Francisco Beltrão é realizada por meio de uma caçamba estacionária, contratada por meio de licitação, a qual fica alocada em uma área próxima ao cemitério. Nela são dispostos resíduos provenientes dos restos de construção, carneiras, caixões e flores, além de terra retirada em alguma escavação. Cada caçamba permanece 15 dias no local ou é retirada quando o volume máximo é completado, sendo então substituída. A caçamba cheia é encaminhada ao aterro sanitário do município, que possui uma área destinada a receber apenas resíduos do cemitério.

A existência de poços de monitoramento de água subterrânea nos cemitérios municipais de Francisco Beltrão é desconhecida, assim como a realização análises de qualidade da água e a existência de algum tratamento para potabilização da água dos poços artesianos existentes nas regiões vizinhas a ambos os cemitérios.

### 5.3 LEVANTAMENTO DE INFORMAÇÕES SOBRE CEMITÉRIOS DA COMUNIDADE KM 8

Sobre a Comunidade Km 8, foram obtidas informações quanto ao abastecimento de água, bem como sobre o cemitério local, administrado pela Igreja Católica Santa Rosa de Lima, vinculado à associação de moradores.

A Comunidade Km 8, por pertencer a zona rural do município de Francisco Beltrão, não é atendida pela serviço municipal de abastecimento de água, sendo abastecida por um poço artesiano, localizado nas proximidades do cemitério da comunidade. Os moradores, que não são atendidos pelo poço artesiano, possuem sua própria nascente ou poço raso.

Não há reclamações da comunidade referente à qualidade da água consumida, mesmo não recebendo nenhum tratamento, como a cloração, fato bastante relevante, uma vez que a Portaria nº 2914, em seu artigo 24, estabelece que toda água para consumo humano, fornecida coletivamente, deve passar por

processo de desinfecção ou cloração (BRASIL, 2011). Segundo informações, a Prefeitura Municipal de Francisco Beltrão não realiza coletas e análises da água do poço artesiano com periodicidade.

Em relação ao cemitério da comunidade, os sepultamentos iniciaram por volta de 1949, com sepulturas realizadas diretamente no solo, enquanto as carneiras, túmulos e jazigos passaram a ser utilizados apenas da década de 1990. Nenhuma estimativa foi levantada a respeito do número de sepultamentos, uma vez que recebe poucos sepultamentos.

Não existe nenhum conhecimento por parte da comunidade em relação às legislações municipal, estadual ou federal referente aos cemitérios, apesar disso, o cemitério da comunidade nunca foi alvo de reclamações pela proximidade com a comunidade e mau cheiro.

O Cemitério da Comunidade Km 8 não possui nenhuma estrutura de drenagem da água pluvial, uma vez que os túmulos e jazigos são construídos no solo, sem nenhuma cobertura (Figura 7)



**Figura 6 - Cemitério da Comunidade Km 8**

A coleta de resíduos realizada no cemitério da Comunidade Km 8 é a mesma coleta utilizada pelos moradores da comunidade, já que os resíduos gerados são basicamente flores e vasos.

#### 5.4 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

Considerando uma única amostragem, a água coletada da nascente do Km 8 apresentou pH igual a 6,52 (Tabela 3), valor adequado para o consumo humano, estabelecido entre 6,0 e 9,0 (BRASIL, 2011).

**Tabela 3 - Resultados para análises físico-químicas das amostras de água da Comunidade Km 8**

<b>Parâmetro</b>	<b>Unidade</b>	<b>Km 8</b>	<b>Parâmetro legal de comparação <sup>(1)</sup></b>
<b>pH</b>		6,52	6,0 e 9,0
<b>Condutividade</b>	µS/cm	84,00	-
<b>Dureza total</b>	mg CaCO <sub>3</sub> /L	36,0	500
<b>Cálcio</b>	mg Ca <sup>+</sup> /L	6,8	-
<b>Turbidez</b>	uT	0,56	1,0
<b>Nitrito</b>	mg NO <sub>2</sub> /L	<0,01	1,0
<b>Nitrato</b>	mg NO <sub>3</sub> /L	0,14	10
<b>Nitrogênio amoniacal</b>	mg NH <sub>3</sub> /L	17,0	1,5

<sup>(1)</sup> – Portaria nº 2914 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011)

Já a água coletada no Rio Lonqueador apresentou pH igual a 7,03 (Tabela 4), atendendo ao normatizado pela Resolução CONAMA nº 357, que estabelece valores de pH entre 6,0 e 9,0, para águas doces Classe II (BRASIL, 2005).

**Tabela 4 - Resultados para análises físico-químicas das amostras de água do Rio Lonqueador**

<b>Parâmetro</b>	<b>Unidade</b>	<b>Rio Lonqueador</b>	<b>Parâmetro legal de comparação <sup>(1)</sup></b>
<b>pH</b>		7,03	6,0 e 9,0
<b>Condutividade</b>	µS/cm	134,0	-
<b>Dureza total</b>	mg CaCO <sub>3</sub> /L	48,0	-
<b>Cálcio</b>	mg Ca <sup>+</sup> /L	11,2	-
<b>Turbidez</b>	uT	3,96	100
<b>Nitrito</b>	mg NO <sub>2</sub> /L	0,44	1,0

<b>Nitrato</b>	mg NO <sub>3</sub> /L	0,06	10
<b>Nitrogênio amoniacal</b>	mg NH <sub>3</sub> /L	17,0	3,7 para pH ≤ 7,5

<sup>(1)</sup> Resolução CONAMA nº 357 (BRASIL, 2005)

Mesmo resultado obtido por Silva (2012), em sua pesquisa intitulada “Avaliação da contaminação das águas subterrâneas por atividade cemiterial na cidade de Maceió” não pode concluir que houve aumento do pH devido à presença de cemitérios, uma vez que um poço situado na parte interna do cemitério apresentou valores dentro da faixa estabelecida pelo padrão de potabilidade, assim como o poço controle, localizado a montante do cemitério.

A condutividade elétrica da água superficial apresentou valor superior em relação à água subterrânea, sendo de 84,00 µS/cm para água coletada na fonte da comunidade Km 8 (Tabela 3) e de 134,0 µS/cm para o Rio Lonqueador (Tabela 4).

Bertachi (2013), em seu estudo intitulado “Estudos Preliminares de contaminação de águas por cemitérios: estudo de caso do cemitério São Pedro – Londrina – PR”, analisou um poço artesiano e um córrego nas proximidades dos cemitérios em estudo, observou valores mais elevados de condutividade elétrica para corpo de água superficial, atribuindo à maior presença de sólidos dissolvidos totais. Em concordância com os valores encontrados no presente trabalho, no qual o valor mais elevado para o parâmetro condutividade elétrica foi encontrado para água superficial. Fineza (2008) sugere que os valores mais elevados para esse parâmetro estejam associados às concentrações mais elevadas de amônia, cálcio, magnésio e sódio.

Apesar de não ser um parâmetro integrante do padrão de potabilidade e dos padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357, a condutividade elétrica é usual para análises que dizem respeito à qualidade da água, devido a sua associação com sólidos totais dissolvidos. Contudo, não foi possível concluir se a causa da condutividade é a presença das necrópoles.

Com relação ao parâmetro dureza, a amostra de água da comunidade Km 8 apresentou valor de 36,0 mg CaCO<sub>3</sub>/L (Tabela 3), e 48,0 mg CaCO<sub>3</sub>/L para o Rio Lonqueador (Tabela 4).

Os valores de dureza para as águas subterrâneas variam de 10 a 300 mg/L, podendo atingir 1000 mg/L (FRANCA et al., 2006), enquanto o padrão de

potabilidade estabelece que a dureza de águas para abastecimento deve ser de, no máximo, 500 mg CaCO<sub>3</sub>/L (BRASIL, 2011).

Em comparação ao valor da dureza da água dos pontos escolhidos com o valor estabelecido na legislação, pode-se constatar que a água da nascente da Comunidade Km 8 atende ao estabelecido na Portaria nº 2.914 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011). Quanto à água superficial, a Resolução CONAMA nº 357 não estabelece valores para este parâmetro (BRASIL, 2005).

Assim como a dureza, os valores para cálcio foram ligeiramente maiores para o Rio Lonqueador, com 11,2 mg Ca<sup>+</sup>/L (Tabela 4), em relação a amostra da Comunidade Km 8 com 6,8 mg Ca<sup>+</sup>/L (Tabela 3). O padrão de potabilidade e a Resolução nº 357 do CONAMA não estabelecem valores máximos permitidos para o parâmetro cálcio.

Silva (2012) observou que picos nas concentrações de cálcio podem ser causados pelos sepultamentos em que foi realizada a caleação. Tal prática é realizada para neutralizar odores característicos da putrefação, porém, a mesma não foi relatada como procedimento nos cemitérios em estudo.

Em uma pesquisa realizada por Neira e seus colaboradores, em 2008, no cemitério de Santa Inês, Vila Velha – ES foram constatados valores de 19,37 a 60,44 mg Ca<sup>+</sup>/L em cinco poços de monitoramento localizados dentro do cemitério. Em contra partida, Cardoso et al. (2010), em um estudo sobre a qualidade da água subterrânea nas áreas de influência do Cemitério São João Batista, no município de Fortaleza, evidenciaram valores que variaram de 4,66 a 54,2 mg Ca<sup>+</sup>/L, em oito poços, encontrando valores mais baixos em poços dentro do cemitério, comparados aos poços localizados na região externa.

Tanto valores encontrados por Cardoso et al. (2010), quanto o valor encontrada para a água subterrânea da Comunidade Km 8, não se encontram dentro da faixa sugerida entre 10 e 100mg/L, em que oscilam os teores de cálcio em águas subterrâneas (FEITOSA & MANOEL FILHO, 2000).

Os valores de turbidez encontrados foram de 0,36 uT para a amostra de água da Comunidade Km 8 (Tabela 3) e de 3,96 uT para o Rio Lonqueador (Tabela 4). Em comparação ao padrão de potabilidade, que estabelece o valor de 1,0 uT para águas de abastecimento (BRASIL, 2011) e a Resolução CONAMA nº 357, que estabelece o valor de até 100 uT (BRASIL, 2005), ambas encontra-se dentro dos valores estabelecidos.

A turbidez corresponde à fração de matéria suspensa na água, é influenciada pelo regime de chuvas da região e pelas características geológicas. Em águas naturais, está associada a fragmentos de argila, silte, plâncton, microrganismos e matéria orgânica e inorgânica particulada (BRAGA, 2014).

A influência das chuvas nos resultados para o parâmetro turbidez foram evidenciados por Bertachi (2013), que encontrou acréscimos de 15 e 70% para o poço tubular e água superficial, respectivamente, justificado pelo fato de que o regime de chuvas é um indicativo de recarga rápida das águas subterrâneas. Apesar disso, o regime de chuvas próximo a data de coleta das amostras deste trabalho pode não ter influenciado nos valores de turbidez, já que os mesmos encontram-se dentro do estabelecido pelos parâmetros legais de comparação.

A respeito do parâmetro nitrito foram evidenciados valores menores que 0,01 mg NO<sub>2</sub>/L para a comunidade Km 8 (Tabela 3), enquadrando no valor máximo permitido pelo padrão de potabilidade, que corresponde a 1 mg NO<sub>2</sub>/L (BRASIL, 2011), e de 0,44 mg NO<sub>2</sub>/L para o Rio Lonqueador (Tabela 4), condizendo com o valor permitido pela Resolução CONAMA nº 357, que corresponde a 1 mg N/L (BRASIL, 2005), não referindo-se a quantidade de nitrito por litro e sim, nitrogênio.

Migliorini (1994), em seu estudo do Cemitério Vila Formosa na bacia sedimentar de São Paulo, evidenciou que a interpretação dos resultados das medidas de nitrito devem levar em conta o fato deste íon ser instável, podendo ser rapidamente oxidado a nitrato, e além disso algumas bactérias, inclusive do grupo coliformes, tem a capacidade de produzir nitrito por redução de nitrato.

Valores de nitrato encontrados de 0,14 mg NO<sub>3</sub>/L para a Comunidade Km 8 (Tabela 3), e 0,06 mg NO<sub>3</sub>/L para o Rio Lonqueador (Tabela 4), enquadram-se nos estabelecidos na Portaria nº 2.914 de 2011 do Ministério da Saúde, na qual os níveis de potabilidade de água exigem que o níveis de nitrato sejam menores ou iguais a 10 mg/L (BRASIL, 2011), assim como a Resolução CONAMA nº 357 (BRASIL, 2005).

A presença de elevadas concentrações de nitrato pode estar associada à influência de esgotos sanitários, fossas sépticas, vazamentos de redes coletoras de esgoto ou influência na zona de captação dos poços, além da possível contaminação por necrochorume (SILVA, 2012). O que não sugere este tipo de contaminação em nenhum dos pontos de água coletados neste trabalho, já que ambos apresentam valores reduzidos em relação aos valores de comparação.

Os parâmetros de nitrato são utilizados, mundialmente, como indicadores de contaminação das águas subterrâneas devido à sua alta mobilidade, podendo atingir extensas áreas (BERTACHI, 2013). Além disso, Migliorini (1994) ressalta que tanto os parâmetros nitrito, quanto nitrato, podem existir em concentrações relativamente elevadas em águas subterrâneas dependendo da formação geológica local, porém, valores discrepantes entre diferentes poços, indicam que as concentrações mais elevadas são provenientes da decomposição dos corpos.

Para o parâmetro nitrogênio amoniacal foi evidenciado o valor de 17 mg  $\text{NH}_3/\text{L}$  tanto para a amostra da Comunidade Km 8 (Tabela 3), quanto para a do Rio Lonqueador (Tabela 4). Dessa forma, o valor encontrado para a Comunidade Km 8 está em desacordo ao valor estabelecido pela Portaria nº 2914, do Ministério da Saúde, pela qual o valor máximo permitido é de 1,5 mg  $\text{NH}_3/\text{L}$  (BRASIL, 2011).

No que diz respeito aos valores estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357, de 3,7mg N/L, para pH menor ou igual a 7,5 (BRASIL, 2005), o valor encontrado para o Rio Lonqueador não condiz com o estabelecido, porém, a mesma não refere-se à amônia ( $\text{NH}_3$ ) e sim a nitrogênio (N).

Franca et al. (2006), em seu estudo sobre a contaminação de poços tubulares em Juazeiro do Norte – CE, atribuíram a presença de amônia no riacho estudado a lançamentos de efluentes domésticos *in natura* e também a utilização de fertilizantes nitrogenados na área, processos erosivos e lixiviação dos solos agrícolas. Fatos que podem ser relacionados às elevadas concentrações deste parâmetro no presente trabalho, não somente na água superficial, pela proximidade com residências, como também pela fonte que, por ser localizada em área rural, pode sofrer interferências de esgotos domésticos e fertilizantes.

A presença dos compostos nitrogenados (nitrito, nitrato e nitrogênio amoniacal) é um grande indicador de necrochorume, visto que o processo de decomposição dos corpos produz diaminas, caracterizadas por alta toxicidade: a cadaverina e a putrescina que podem ser degradados em amônia ( $\text{NH}_4^+$ ) (MATOS, 2001). Todavia, os valores encontrados neste trabalho para nitrogênio amoniacal indicam uma contaminação recente, porém, não especificamente dos cemitérios próximos aos pontos de coleta, uma vez que os parâmetros nitrito e nitrato não possuem valores elevados.

## 5.5 INDICADORES MICROBIOLÓGICAS

Considerando a amostragem de microorganismos do grupo coliformes realizadas apenas para a água subterrânea, a água da nascente próximo ao cemitério da Comunidade Km 8 apresentou valor de 6,9 NMP/100 mL para coliformes totais (Tabela 5). Desta forma, em desacordo com o padrão de potabilidade vigente, estabelecido pela Portaria nº 2914, do Ministério da Saúde, a qual determina a ausência em 100 mL de amostra.

**Tabela 5 - Resultados para indicadores microbiológicos das amostras de água da Comunidade Km 8**

<b>Indicador</b>	<b>Unidade</b>	<b>Km 8</b>	<b>Parâmetro legal de comparação <sup>(1)</sup></b>
<b>Coliformes totais</b>	NMP/100 mL	6,9	Ausência
<b><i>Escherichia coli</i></b>	NMP/100 mL	3,6	Ausência
<b><i>Clostridium perfringens</i></b>	UFC/mL	1,0x10 <sup>1</sup>	-

<sup>(1)</sup>Portaria 2914 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011)

Em seu estudo “Qualidade das águas subterrâneas em áreas de cemitérios região de Cuiabá – MT”, Migliorini et al. (2006) constataram que o ciclo de sepultamentos influencia nas concentrações de coliformes, pelo fato de que as sepulturas mais recentes possuem maiores concentrações desses microrganismos.

Contudo, neste trabalho, assim como na pesquisa desenvolvida por Sousa (2015), apesar da ocorrência de coliformes totais nas amostras, é difícil relacioná-la ao impacto do cemitério. Podendo, então, atribuir, assim como Almeida e colaboradores (2006), em sua pesquisa “Avaliação da ocorrência de contaminação microbiológica no aquífero freático localizado sob o cemitério da Várzea em Recife-PE”, a presença de coliformes a uma contaminação fecal recente.

O valor encontrado para a Comunidade Km 8 para o indicador *Escherichia coli* foi de 3,6 NMP/100 mL (Tabela 5), valor em não conformidade com o instituído pela Portaria nº 2914, do Ministério da Saúde, que estabelece que o organismo deve estar ausente em 100 mL (BRASIL, 2011).

Diferente do que foi encontrado por Santos et al.(2015), em seu trabalho sobre a qualidade da água subterrânea e necrochorume no entorno do Cemitério do Campo Santo em Salvador-BA, que não evidenciou a presença de *E. coli* em suas amostras de água subterrânea em poços rasos localizados na região a jusante do cemitério.

Segundo Libânio (2010), os organismos patogênicos são incapazes de viver em sua forma adulta ou reproduzir-se fora do indivíduo que lhe serve de hospedeiro, dessa forma, é baixa a possibilidade de uma pluma de microrganismos patogênicos oriunda das sepulturas atingirem as imediações do cemitério com doses infectantes e ocasionar algum risco de contaminação (SOUSA, 2015). Fato que pode ter ocorrido nas amostras de água analisadas neste trabalho, já que o indicador é um organismo de vida curta fora das condições favoráveis ao seu desenvolvimento.

Em relação ao indicador *Clostridium perfringens*, foram encontrados valores de  $1,0 \times 10^1$  UFC/mL para a Comunidade Km 8 (Tabela 5) e de  $5,4 \times 10^1$  UFC/mL, para a amostra do Rio Lonqueador (Tabela 6).

**Tabela 6 - Resultados para indicadores microbiológicos das amostras de água do Rio Lonqueador**

<b>Indicador</b>	<b>Unidade</b>	<b>Rio Lonqueador</b>	<b>Parâmetro legal de comparação <sup>(1)</sup></b>
<b>Coliformes totais</b>	NMP/100 mL	-	Ausência
<b><i>Escherichia coli</i></b>	NMP/100 mL	-	Ausência
<b><i>Clostridium perfringens</i></b>	UFC/mL	$5,4 \times 10^1$	-

<sup>(1)</sup>Resolução CONAMA nº 357 (BRASIL, 2005)

Silva (2012) em seu estudo “Avaliação da contaminação das águas subterrâneas por atividade cemiterial na cidade de Maceió”, evidenciou a presença bastante elevada de *Clostridium perfringens*, sugerindo possível contaminação proveniente das sepulturas. O mesmo constatou-se no trabalho de Almeida e colaboradores (2006) em sua pesquisa “Avaliação da ocorrência de contaminação microbiológica no aquífero freático localizado sob o cemitério da Várzea em Recife-PE”, onde em um poço foi observado concentrações elevadas do mesmo microrganismo, indicando contaminação fecal remota.

Ao contrário de *E. coli*, *Clostridium perfringens* não são microrganismos de origem exclusivamente fecais, podendo ter origem de outras fontes ambientais, embora estejam presente nas fezes e em número muito menor que *E. coli*. Quando na forma de esporos, sobrevivem na água por muito mais tempo que organismos do grupo coliforme (Silva, 2012).

Apesar de a Portaria nº 2914 não fazer referência a *C. perfringens* (BRASIL, 2011), assim como a Resolução CONAMA nº 357 (BRASIL, 2005), Silva (2012) afirma que é um indicador de contaminação remota e um bom indicador da contaminação por necrochorume. Assim como Santos et al. (2015) afirmaram em seu trabalho que a detecção de *C. perfringens* sugerem a contaminação da água subterrânea por necrochorume.

Dessa forma, a presença de *C. perfringens* nas amostras analisadas neste trabalho pode indicar contaminação das águas pela proximidade das mesmas com cemitérios, contudo, nenhuma outra hipótese de contaminação remota pode ser descartada, já que ambas as áreas sofrem influência de fatores externos.

## 6 CONCLUSÃO

As informações levantadas a respeito dos cemitérios municipais de Francisco Beltrão indicam desconhecimento por parte da Prefeitura de Francisco Beltrão em relação às legislações federais e estaduais que versam sobre a instalação e adequação dos cemitérios.

As análises granulométricas indicaram solos predominantemente siltosos e as análises de densidade e porosidade sugerem solos com capacidade de retenção de contaminantes, como o necrochorume, reduzindo a possibilidade de impactos sobre a qualidade das águas subterrâneas.

Os parâmetros pH, dureza, turbidez, nitrito e nitrato se apresentaram dentro dos limites máximos permitidos pelas legislações vigentes, exceto o nitrogênio amoniacal. Tal parâmetro apresentou valor superior tanto para água subterrânea quanto superficial, quando comparados à Portaria nº 2914, do Ministério da Saúde, e à Resolução CONAMA nº 375.

Os indicadores microbiológicos, coliformes totais e *Escherichia coli*, por sua vez, se apresentaram acima dos valores máximos permitidos pela Portaria nº 2914 do Ministério da Saúde. Apesar das legislações pertinentes não fazerem referência a *Clostridium perfringens*, o indicador também foi encontrado nas amostras de água da Comunidade Km 8 e do Rio Lonqueador.

Dessa forma, conclui-se que as áreas estudadas possuem fontes de poluição remota, porém, não, necessariamente de origem cemiterial, sugerindo, pelo tipo de solo da região, que os contaminantes possam estar retidos no solo. Fator de grande importância no que diz respeito à instalação dos cemitérios, uma vez que as águas subterrâneas estão protegidas da contaminação.

Ressalta-se a importância de novos estudos mais aprofundados em áreas próximas aos cemitérios, por ser uma atividade com grande potencial impactante ao meio ambiente e à saúde pública. Principalmente pela desatenção do poder público com esses empreendimentos e a vulnerabilidade a que estão sujeitas áreas circunvizinhas e a população que faz uso da água dessas regiões.

## REFERÊNCIAS

ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS). **NBR 6502**. Rochas e Solos. Rio de Janeiro, 1995.

ALCÂNTARA, Larissa Azambuja. Contaminação de recursos naturais por necrópoles. **Disciplinarum Scientia| Naturais e Tecnológicas**, v. 11, n. 1, p. 17-28, 2010.

ALMEIDA, Adriano M de; MACÊDO, Jorge Antônio Barro de. Parâmetros físico-químicos de caracterização da contaminação do lençol freático por necrochorume. **SEMINÁRIO DE GESTÃO AMBIENTAL**, v. 1, 2005.

ALVES, Eliane Cristina et al. Avaliação da qualidade da água da bacia do rio Pirapó–Maringá, Estado do Paraná, por meio de parâmetros físicos, químicos e microbiológicos. **Acta Scientiarum Technology**, v. 30, n. 1, p. 39-48, 2008.

ANA (Agência Nacional de Águas). **Atlas Brasil: abastecimento urbano de água: resultados por estado**. Brasília, 2010.

APHA (American Public Health Association). **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 22 ed. Washington, DC: American Public Health Association, 2012.

BACIGALUPO, Rosiane. CEMITÉRIOS: FONTES POTENCIAIS DE IMPACTOS AMBIENTAIS. **História, Natureza e Espaço-Revista Eletrônica do Grupo de Pesquisa NIESBF**, v. 1, n. 1, p. 05, 2012.

BARBOSA, M. C.; COELHO, H. **Impacto ambiental dos cemitérios horizontais e sua relação com o controle sanitário nas áreas urbanas**. Disponível em: <<http://www.biossegurancahospitalar.com.br/files/ImAmbCem.doc>>. Acesso em 21 out. 2016, v. 7, 2005.

BARROS, Claudia Affonso. **Monitoramento da Atenuação Natural de Solos Artificialmente Contaminados com Óleo Diesel B0 e B4**. Dissertação (mestrado) – UFRJ / Escola de Química, Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos. Rio de Janeiro, 2010.

BERTACHI, Mônica Hirata. **Estudos preliminares de contaminação de água por cemitérios: estudo de caso de entorno do cemitério São Pedro-Londrina-PR.** 2014.

BRADY, N. C.; WEIL, R. R. Arquitetura e propriedades físicas do solo. **The Nature and Properties of Soils**, v. 13, p. 2-49, 2002.

BRAGA, Fernando P. **Validação de desempenho de uma estação de tratamento de água do Município de Juiz de fora – MG.** 70 f. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Sanitária e Ambiental) - Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora, 2014.

BRANDÃO, Viviane dos Santos, CECÍLIO, Roberto Avelino, PRUSKI, Fernando Falco, SILVA, Demetrius David da. **Infiltração da água no solo.** 3ª edição. Editora UFV. Viçosa, 2012.120f.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria 2.914 de 4 de dezembro de 2011. **Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências.** Brasília: Ministério da Saúde; Diário Oficial da União 2011; 12 Dez. 2011.

\_\_\_\_\_. Ministério Do Meio Ambiente. Conselho Nacional Do Meio Ambiente, CONAMA. Resolução nº 335 de 03 de abril de 2003. Dispõe sobre o licenciamento ambiental de cemitérios. **Diário Oficial da União.** Brasília, 28 mai. 2003.

\_\_\_\_\_. Ministério Do Meio Ambiente. Conselho Nacional Do Meio Ambiente, CONAMA. Resolução nº 357 de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União.** Brasília, 18 mar. 2005.

\_\_\_\_\_. Ministério Do Meio Ambiente. Conselho Nacional Do Meio Ambiente, CONAMA. Resolução nº 368 de 28 de março de 2006. Altera dispositivos da Resolução no 335, de 3 de abril de 2003, que dispõe sobre o licenciamento ambiental de cemitérios. **Diário Oficial da União.** Brasília, 29 mar. 2006

\_\_\_\_\_. Ministério Do Meio Ambiente. Conselho Nacional Do Meio Ambiente, CONAMA. Resolução nº 402 de 17 de novembro de 2008. Altera os artigos 11 e 12 da Resolução nº 335, de 3 de abril de 2003. **Diário Oficial da União.** Brasília, 18 nov. 2008.

\_\_\_\_\_. Ministério Do Meio Ambiente. Conselho Nacional Do Meio Ambiente, CONAMA. Resolução nº 396 de 03 de abril de 2008. **Diário Oficial da União**. Brasília, 07 abril. 2008.

\_\_\_\_\_. Ministério Do Meio Ambiente . Conselho Nacional de Recursos Hídricos. Resolução nº 91 de 05 de novembro de 2008. Dispõe sobre procedimentos gerais para enquadramento dos corpos de água superficiais e subterrâneos. **Diário Oficial da União**. Brasília, 05 nov, 2008.

CAMPOS, Ana Paula Silva. **Avaliação do potencial de poluição no solo e nas águas subterrâneas decorrente da atividade cemiterial. 2007. 141f.** 2007. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública)–Universidade de São Paulo, Faculdade de Saúde Pública, São Paulo.

CAPUTO, Homero Pinto. **Mecânica dos Solos e suas aplicações**. Editora Livros técnicos e científicos. 1988, v 1, 284p.

CARNEIRO, Victor Santos. Impactos causados por necrochorume de cemitérios: Meio ambiente e saúde pública. **Águas Subterrâneas**, v. 1, 2008.

CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo); ANA (Agência Nacional de Águas). **Guia Nacional De Coleta e Preservação De Amostras: Água, Sedimentos, Comunidades Aquáticas e Efluentes Líquidos**. Brasília, 2012. Disponível em: <<http://laboratorios.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/47/2013/11/guia-nacional-coleta-2012.pdf>>. Acesso: 09 dez. 2016.

COMISSÃO EUROPEIA. Directiva 98/83. **CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 3 de Novembro 1998**. v. 22, 1998.

COSTA, Beatriz Souza; CUSTÓDIO, Maraluce Maria. **Cultura da morte no brasil: os impactos ambientais causados pelos cemitérios ao meio ambiente e aos seres humanos**. 2014. Disponível: <<http://www.publicadireito.com.br/artigos/?cod=a48f43f12770677c>> Acesso em: 28 set. 2016.

CRAIG, R F. **Mecânica dos solos**. Editora LTC, 2003, 365p.

DA SILVEIRA, Djalma Dias; PALMA, Salete Retamoso. A saude ecologicamente correta: a educaçao ambiental e os problemas ambientais em cemitérios. **Revista Monografias Ambientais**, v. 2, n. 2, p. 262-274, 2011.

DOS SANTOS, Aline Gomes da Silva; MORAES, Luiz Roberto Santos; DE MORAIS NASCIMENTO, Sérgio Sérgio Augusto. Qualidade da Água Subterrânea e Necrochorume no Entorno do Cemitério do Campo Santo em Salvador/BA. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais**, v. 3, n. 1, p. 39-60, 2015.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 2ª edição. Rio de Janeiro: Embrapa solos, 1997. 212p.

FEITOSA, F. A. C.; MANOEL FILHO, J. **Hidrogeologia – Conceitos e Aplicações**. 2. ed. Fortaleza: CPRM/REFO, LABHID-UFPE, 2011. 391 p il.

FERRARI, Juliana Naiara; PAULINO, Natália Campos; PIOTROWISK, Ana Paula Gaspar; SABONARO, Margareth Zumkeller; SABONARO, Débora Zumkeller. Cemitérios horizontais e verticais: peculiaridades, impactos ambientais e melhores práticas. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 13, n. 2, p. 681-688, 2015.

FINEZA, Adonai Gomes. **Avaliação da contaminação de águas subterrâneas por cemitérios: estudo de caso de Tabuleiro-MG**. 2008.

FRANCA R. M.; FRISCHKORN H.; SANTOS M. R. P.; MENDONÇA L. A. R.; BESERRA M. C. Contaminação de poços tubulares em Juazeiro do Norte Ceará. **Engenharia Sanitária Ambiental**, v.11 – n.1 - jan/mar 2006 p. 92-102, 2006.

FRANCISCO BELTRÃO. Lei nº 3361 de 25 de junho de 2007. Institui o Código de Posturas do Município de Francisco Beltrão e dá outras providências. Francisco Beltrão: Câmara de Vereadores, 2007. Disponível em: <<http://franciscobeltrao.pr.gov.br/wp-content/uploads/2013/08/posturas.pdf>> Acesso em: 30 set. 2016.

\_\_\_\_\_.Lei nº 1112 de 28 de novembro de 1984. Estabelece normas a concessões e uso dos cemitérios municipais e dá outras providências. Francisco Beltrão - PR, 1984.

FREITAS, Marcelo Bessa de; BRILHANTE, Ogenis Magno; ALMEIDA, Liz Maria de. Importância da análise de água para a saúde pública em duas regiões do Estado do Rio de Janeiro: enfoque para coliformes fecais, nitrato e alumínio. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 17, n. 3, p. 651-660, 2001.

GOMES, Tayoná Cristina, TOMAZONI, Julio Caetano, GUIMARÃES, Elisete, RUTHES, Juliane Mônica. **Geoprocessamento aplicado à identificação da vulnerabilidade do solo urbano da cidade de Francisco Beltrão (PR)**. 2013.

IAPAR. Instituto Agrônômico do Paraná. **Classificação Climática segundo Köppen**. Disponível em: <  
<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=863> > Acesso em: 21 out. 2016.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Indicadores de desenvolvimento sustentável**. Brasil, 2015.

\_\_\_\_\_ (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) **Infográficos**, 2010a. Disponível em: <  
<http://cidades.ibge.gov.br/painel/painel.php?lang=&codmun=410840&search=parana|francisco-beltrao|infograficos:-dados-gerais-do-municipio>>. Acesso em: 21 out. 2016.

\_\_\_\_\_ (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Sinopse Senso Demográfico 2010 Paraná**. 2010b. Disponível em: <<http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?uf=41&>> Acesso em: 21 out. 2016

ISO (International Standard Organization). **ISO 6579:2002**. Microbiology of food and animal feeding stuffs - Horizontal method for the detection of *Salmonella* spp. 4th ed, 2002.

ITCG (Instituto de Terras, Cartografias e Geociências). **Clima –Estado do Paraná**. 2008a .Disponível em:<  
[http://www.itcg.pr.gov.br/arquivos/File/Produtos\\_DGEO/Mapas\\_ITCG/PDF/Mapa\\_Climas\\_A3.pdf](http://www.itcg.pr.gov.br/arquivos/File/Produtos_DGEO/Mapas_ITCG/PDF/Mapa_Climas_A3.pdf)> Acesso em: 21 out. 2016

\_\_\_\_\_ (Instituto de Terras, Cartografias e Geociências). **Geomorfologia – estado do Paraná**, 2008b. Disponível em: <  
[http://www.itcg.pr.gov.br/arquivos/File/Produtos\\_DGEO/Mapas\\_ITCG/PDF/Mapa\\_Geomorfologico\\_A3.pdf](http://www.itcg.pr.gov.br/arquivos/File/Produtos_DGEO/Mapas_ITCG/PDF/Mapa_Geomorfologico_A3.pdf)>. Acesso em: 21 out. 2016.

\_\_\_\_\_ (Instituto de Terras, Cartografias e Geociências). **Solos – estado do Paraná**, 2008b. Disponível em: <  
[http://www.itcg.pr.gov.br/arquivos/File/Produtos\\_DGEO/Mapas\\_ITCG/PDF/Mapa\\_Solos.pdf](http://www.itcg.pr.gov.br/arquivos/File/Produtos_DGEO/Mapas_ITCG/PDF/Mapa_Solos.pdf)>. Acesso em: 21 out. 2016.

JONKER, Cornelia; OLIVIER, Jana. Mineral contamination from cemetery soils: Case study of Zandfontein cemetery, South Africa. **International journal of environmental research and public health**, v. 9, n. 2, p. 511-520, 2012.

LIBÂNIO, Marcelo. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. 3.ed. São Paulo: Editora Átomo, 2010.

KEMERICH, Pedro Daniel da Cunha, DESCOVI FILHO, Leonidas Luiz Volcato, UCKER, Fernando Ernesto, CORREIO, Cristian Vargas Foletto. Influência Dos Cemitérios Na Contaminação Da Água Subterrânea Em Santa Maria-RS. **Revista Águas Subterrâneas, São Paulo**, v. 24, p. 129-141, 2010.

KEMERICH, Pedro, UCKER Fernando Ernesto, BORBA Willian F. de. Cemitérios como fonte de contaminação ambiental. **Scientific American**. Brasil. v. 1, p. 78-81, 2012 Disponível em: <[http://www2.uol.com.br/sciam/artigos/cemiterios\\_como\\_fonte\\_de\\_contaminacao\\_ambiental.html](http://www2.uol.com.br/sciam/artigos/cemiterios_como_fonte_de_contaminacao_ambiental.html)> Acesso em: 28 set. 2016.

LEITE, Eliana Brandão. Análise físico-química e bacteriológica da água de poços localizados próximo ao cemitério da comunidade de Santana, Ilha de Maré, Salvador-BA. **Candombá–Revista Virtual**, v. 5, n. 2, p. 132-148, 2009.

LELI, Isabel Terezinha; ZAPAROLI, Fabiana Cristina Meira; SANTOS, Vanessa Cristina; OLIVEIRA, Meyre; REIS, Fábio Augusto Gomes Viera. Estudos ambientais para cemitérios: indicadores, áreas de influência e impactos ambientais. **Boletim de Geografia**, v. 30, n. 1, p. 45-54, 2012.

MATOS, Bolivar Antunes. **Avaliação da ocorrência e do transporte de microrganismos no aquífero freático do cemitério de Vila Nova Cachoeirinha, município de São Paulo**. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências. 2001

MIGLIORINI, Roberto Blat; LIMA, Zoraidy Marques de; ZEILHOFER, Liliana Victorino Alves Corrêa. Qualidade das Águas Subterrâneas em Áreas de Cemitérios. **Revista Águas Subterrâneas**, Cuiabá, v. 20, n. 1, p.15-28, 2006.

Minuzzo, Simone. **Análise das Características do Solo de Francisco Beltrão-PR e suas Influências nas Inundações do Perímetro Urbano**. 2016. 184f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil. Área de Concentração: Tecnologia Ambiental no Ambiente Construído) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2016.

NEIRA, Dérika F.; TERRA, Vilma R; PRATTE-SANTOS, Rodrigo, BARBIÉRI, Roberto S. Impactos do necrochorume nas águas subterrâneas do cemitério de Santa Inês, Espírito Santo, Brasil. **Natureza On Line**, Santa Teresa, v. 6, p. 36-41, 2008.

NOGUEIRA, Francisco de Assis. **Influência da aplicação de biofertilizante e matéria orgânica em algumas propriedades físicas de um solo da Chapada do Apodi-CE.**, Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Depto. de Ciências do Solo. Fortaleza, 2009

PARANÁ. Código de saúde do Paraná. **Lei nº13331** de 23 de novembro de 2001. Disponível em: <[http://www.saude.pr.gov.br/arquivos/File/Codigo\\_Saude.pdf](http://www.saude.pr.gov.br/arquivos/File/Codigo_Saude.pdf)> Acesso em: 30 set. 2016.

PACHECO, Alberto. **Meio ambiente e cemitérios.** São Paulo: Editora Senac. 2012.190f.

PACHECO, Alberto. **Cemitério e meio ambiente.** Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2000.

PETRUSKI, Maura Regina. A cidade dos mortos no mundo dos vivos-Os cemitérios. **Revista de História Regional**, v. 11, n. 2, 2007.

PINTO, Carlos de Souza. **Curso básico de mecânica dos solos.** 3ª edição. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.

PIRES, Anna Sylvia; GARCIAS, Carlos Mello. São os cemitérios a melhor solução para a Destinação dos Mortos. **IV ENCONTRO NACIONAL DA ANPPAS; Brasília, 2008.**

REINERT, Dalvan José; REICHERT, José Miguel. Propriedades físicas do solo. **Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.**

ROSA FILHO, Ernani F.; HINDI, Eduardo C.; MANTOVANI, Luiz E.; BITTENCOURT, André V. L. **Aquíferos do estado do Paraná.** Curitiba: edição do autor, 2010.

ROCHA, Daurélio Barbosa; FERREIRA, Osmar Mendes. **Marcas Ambientais Resultantes pela Instalação de Tumulações.** Universidade Católica de Goiás: Goiânia, 2008.

RUIZ, Hugo Alberto. Incremento da exatidão da análise granulométrica do solo por meio da coleta da suspensão (silte+ argila). **Bras. Ci. Solo**, v. 29, n. 2, p. 297-300, 2005.

SEMA (Secretaria Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos). Resolução 002. Dispõe sobre o licenciamento ambiental de cemitérios, estabelece condições e critérios e dá outras providências. Curitiba-PR, 2009.

SILVA, Francisco Carlos da; SUGUIO, Kenitiro; PACHECO, Alberto. Avaliação Ambiental Preliminar do Cemitério de Itaquera, Segundo a Resolução Conama 335/2003, município de São Paulo. **Revista Geociências-UnG**, v. 7, n. 1, p. 31-47, 2009.

SILVA, Florilda Vieira da. **Avaliação da contaminação das águas subterrâneas por atividade cemiterial na cidade de Maceió**. Universidade Federal de Alagoas. 2012.

SILVA, Robson Willians da Costa; MALAGUTI FILHO, Walter. Cemitérios: Fontes potenciais de contaminação. **Geologia ambiental – Ciência hoje**. Vol. 44 n° 263. 24-29 p. 2009.

SILVA, Robson Willians da Costa; MALAGUTTI FILHO, Walter; MOREIRA, César Augusto. Emprego do método da eletrorresistividade no estudo da contaminação subterrânea do cemitério municipal de Vila Rezende, Piracicaba-SP. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 27, n. 3, p. 389-399, 2009

SILVA, Valéria T. da.; CRISPIM, Jefferson de Q.; GOCH, Patrícia; KUERTEN, Sidney; MORAES, Ana C. da Silva de.; OLIVEIRA, Márcia A.; SOUZA, Ivonete A.; ROCHA, José Antônio da. Um olhar sobre as Necrópoles e seus Impactos Ambientais. **III Encontro da ANPPAS, Brasília-DF, de**, v. 23, 2006.

SOBRINHO, Bráulio Miranda dos Reis. **Cemitério e Meio Ambiente**. Universidade Católica do Salvador. Salvador, PUC, 2002. Disponível em: <<http://www.revistaea.org/artigo.php?idartigo=107>> Acesso em: 28 set. 2016.

SOUZA, Mauro César de Brito. **Gestão de aquíferos impactados por necrópoles**. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Ceará. 102f. Fortaleza. 2015.

WHO (World Health Organization). ÜÇISIK, Ahmet S; RUSHBROOK Philip. **The impact of cemeteries on the environment and public health**: an introductory briefing. Denmark: WHO; 1998.

VASS, Arpad A. Beyond the grave-understanding human decomposition. **Microbiology today**, v. 28, p. 190-193, 2001.

## APÊNDICE A



Ministério da Educação  
**Universidade Tecnológica Federal do Paraná**  
 Campus Francisco Beltrão  
**Curso de Engenharia Ambiental**



### ROTEIRO DE QUESTÕES

**Nome:**

**Função/Setor:**

**Tempo que ocupa o cargo:**

**Prefeitura Municipal de Francisco Beltrão**

1. Quantos cemitérios existem em Francisco Beltrão, considerando área urbana e rural?
2. Qual a data de início dos sepultamentos nesses cemitérios?
3. Qual o tipo de sepultura utilizada? 3.1. São realizadas diretamente no solo, ou são utilizados túmulos com estrutura de concreto?
4. Qual o número médio de sepultamentos nesses locais, anualmente?
5. Existem reclamações em relação aos cemitérios do município?
6. Existe conhecimento sobre legislações municipal, estadual ou federal em relação aos cemitérios?
7. Os cemitérios contam com estruturas ou obras (bueiro, boca de lobo, sarjeta) que recebe água da chuva?
8. Há projetos de melhorias para os cemitérios de Francisco Beltrão?
9. Como funciona a coleta de resíduos (lixo) dos cemitérios de Francisco Beltrão?

10. Há poços de monitoramento de qualidade da água subterrânea nos cemitérios?
11. Há poços de abastecimento em um raio de 200 m dos cemitérios?
12. Esses poços recebem algum tratamento, como cloração, por exemplo?
13. Já houve algum tipo reclamação quanto à água dos poços? 13.1 Que tipo de reclamações?
14. Algum órgão ambiental, a própria prefeitura ou a SANEPAR faz coletas das águas dos poços para análise?

## APÊNDICE B



Ministério da Educação  
**Universidade Tecnológica Federal do Paraná**  
 Campus Francisco Beltrão  
**Curso de Engenharia Ambiental**



### ROTEIRO DE QUESTÕES

**Nome:**

**Função:**

**Tempo que ocupa a função:**

**Tempo que mora na comunidade:**

**Comunidade km 8 – Francisco Beltrão**

1. A comunidade utiliza poços para abastecimento de água? Coletivo ou individual?
2. Como é a água desses poços? 2.1 Apresenta gosto, cor ou odor?
3. A água (coletiva ou individual) recebe algum tipo de tratamento? Como a cloração, por exemplo?
4. Já houve alguma reclamação quanto à água dos poços da comunidade? 4.1 Que tipo de reclamações?
5. Algum órgão ambiental, estadual ou municipal, realiza coleta da água dos poços para análise?
6. Qual a data de início dos sepultamentos no cemitério da comunidade?
7. Qual o tipo de sepultura é utilizada? 7.1 São realizadas diretamente no solo, ou são utilizados túmulos com estrutura de concreto?
8. Existe conhecimento sobre alguma legislação municipal, estadual ou federal em relação aos cemitérios?

9. Quais os principais problemas vistos pela comunidade em relação ao cemitério?
10. Há projeto para adequação?
11. Existe alguma estrutura ou obra (bueiro, boca de lobo, sarjeta) que recebe água da chuva?
12. Como é realizada a coleta de lixo gerado no cemitério do Km 8?