



**FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDÔNIA
NÚCLEO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO REGIONAL E
MEIO AMBIENTE**

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA NA REDE HÍDRICA SUPERFICIAL DE
PORTO VELHO/RO/BRASIL.**

Janeide Paiva dos Santos

Porto Velho (RO)
2009

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

**FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDÔNIA
NÚCLEO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO REGIONAL E
MEIO AMBIENTE**

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA NA REDE HÍDRICA SUPERFICIAL DE
PORTO VELHO/RO/BRASIL.**

Janeide Paiva dos Santos

Orientador: Wanderley Rodrigues Bastos

Dissertação de Mestrado apresentada junto ao Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente, área de Concentração em Biogeoquímica Ambiental, para a obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente.

Porto Velho (RO)
2009

FICHA CATALOGRÁFICA

SANTOS, J. P.

Avaliação da qualidade da água na rede hídrica superficial de Porto Velho/RO/Brasil.

Porto Velho: s.n., 2009.

117 p.

Orientador: Prof^o. Dr. Wanderley Rodrigues Bastos.

Dissertação – Mestrado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente.

1. Igarapés urbanos 2. poluição da água 3. nutrientes 3. Elementos-traço 5. contaminação bacteriológica

**FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDÔNIA
NÚCLEO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO REGIONAL E
MEIO AMBIENTE**

JANEIDE PAIVA DOS SANTOS

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA NA REDE HÍDRICA SUPERFICIAL DE
PORTO VELHO/RO/BRASIL.**

Comissão Examinadora

Prof. Dr. Wanderley Rodrigues Bastos

Dr. João Carlos Herrmann

Prof. Dr. Mariângela Azevedo

Porto Velho, _____ de _____ de 2009.

Resultado _____

A Deus por tudo! A Ele toda a honra e
toda a glória! E a minha família, pelo amor e
apoio incondicional em todos os momentos.
Amo vocês eternamente!

Porto Velho

(...)

Teus recantos de cidade
Eu me recordo – eram poucos:
Ao sul, o igarapé Grande,
Com suas águas bem limpinhas,
E ao norte, o das Pedrinhas.

Lá sempre tinha menino,
Pulando n'água – contente!
No buraco das Pedrinhas,
No poço perto da ponte
Tão longe da escolinha!

(...)

(Amizael Gomes da Silva, 1991)

AGRADECIMENTOS

Ao meu Deus, pelo amor incondicional, por estar comigo sempre que preciso, por me guiar e mostrar sempre o caminho que devo seguir. As vozes de milhões de anjos não poderiam expressar a gratidão do meu pequeno ser, que só pertence a ti, Senhor! A Deus seja toda a glória pelas infinitas bênçãos!

Ao meu orientador, prof. Dr. Wanderley Rodrigues Bastos, pela orientação e aprendizado.

Aos meus pais Oneide e Rosmino, pela confiança, pelo amor, por toda a dedicação, pelo esforço que fizeram para que eu pudesse chegar até aqui. Enfim, por tudo que são e representam na minha vida. Obrigada de todo coração por acreditarem em mim. Sem vocês eu nada seria. Vocês são as pessoas mais importantes da minha vida e eu os amo muitíssimo!

Ao meu irmão Jairzinho, por ser um super companheiro e amigão pra toda hora, e por ainda conseguir me fazer rir ao chegar em casa cansada. Amo você, neném. E a minha irmã Soraia (*in memoriam*), por ter sido tão importante e especial em minha vida. Impressionante como o tempo passa e as pessoas continuam tão presentes em nossas memórias. Continuo te amando, acredito que você está bem e que um dia a gente vai se encontrar novamente. Ai, que saudaaaaaaadeeeeeeee!

Tem uma frase que diz que “anjos existem, mas alguns não possuem asas e podemos chamá-los de amigos”. Não consigo ouvir isso sem relacionar a um nome imediatamente: Darlly. Faltam palavras pra expressar o que sinto por você, amiga! Admiro seu jeito, seu caráter e fico muito orgulhosa por ser sua amiga. Você é tudo de bom e mais um pouco, hehe. Ah, não dá pra esquecer da Jailane também! Acho que ainda vai demorar pra eu encontrar outra pessoa tão prestativa e preocupada com o bem-estar de todos que a cercam assim! Meninas, obrigada por serem minhas amigas “do anel” e do coração. Sou grata por todo o cuidado que Deus tem comigo, uma das provas disso é o fato de colocar pessoas tão MARA (rs) como vocês na minha vida. Agradeço por toda a amizade, pelo companheirismo, pela compreensão, pelo ombro amigo nas horas ruins. Desconfio seriamente que nossa amizade durará para sempre, rs. Vocês fizeram tudo ser beeeeeem mais divertido! Amo e tenho dito!

À Giselle, que embora esteja “tão tão distante”, sempre se fez presente de alguma forma; por email, telefone, orkut, msn... Sempre disposta a ajudar, ouvir, ou só jogar conversa fora mesmo, hehe... Você mora no meu coração e amo!

Às pessoas que contribuíram com os trabalhos de campo: Igor, Joiada, Roberta, Jailane, Cibelle, Darlly e Marcos Paulo. Sem vocês seria bem mais difícil a obtenção dos dados, hehe.

À Talitha Bensiman Ciampi, por toda a gentileza e pelo apoio na elaboração dos mapas.

À Alessandra por toda a ajuda nas análises laboratoriais e por toda a contribuição para o término desta dissertação. Principalmente na hora de entregar as cópias (hehe). Agradeço de coração, Alê!

Ao Ronaldinho, pelas correções e sugestões. Valeu mesmo!

A todo o Laboratório de Biogeoquímica Ambiental Wolfgang Christian Pfeiffer.

Ao Dr. João Carlos Herrmann e à prof. Dr. Mariângela Azevedo, sempre tão prestativos, pelas importantes contribuições dadas ao trabalho. Muito obrigada mesmo!

Ao prof. Tárique, por todo o apoio na parte estatística. Valeu pela simpatia e paciência de corrigir tudo, viu?! OBRIGADA (com o nosso gesto usual patenteadado, claro, rs)!

Ao CNPq pela bolsa concedida durante o período do mestrado.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	20
1 OBJETIVOS	22
1.2 Geral.....	22
1.2. Específicos.....	22
2. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	23
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	25
3.1. Pesquisas em bacias hidrográficas amazônicas.....	25
4. CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA	28
4.1. Doenças relacionadas à falta de saneamento básico em Porto Velho – RO.....	28
4.2. Eutrofização.....	29
4.2.1. Fosfatos.....	30
4.2.2. Compostos de nitrogênio.....	31
4.3. Contaminação bacteriológica.....	32
4.4. Demanda química de oxigênio (DQO).....	33
4.5. Metais pesados ou elementos-traço.....	34
4.5.1. Elementos-traço em águas superficiais.....	36
5. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	38
5.1. Hidrografia.....	38
5.2. Clima.....	38
5.3. Geologia.....	39
5.4. Vegetação.....	41
5.5. Solos.....	43
5.6. População residente às margens das microbacias estudadas.....	45
6. MATERIAL E MÉTODOS	48
6.1. Delineamento amostral.....	48
6.2. Georreferenciamento.....	48
6.3. Coleta e preservação das amostras.....	51
6.4. Análises de elementos-traço.....	53
6.5. Coliformes.....	54
6.6. Demanda química de oxigênio (DQO).....	55
6.7. Nutrientes.....	55
6.7.1. Amônia.....	56
6.7.2. Fosfato inorgânico dissolvido ou ortofosfato (P orto).....	56
6.7.3. Fósforo total (P total).....	57
6.7.4. Nitrito.....	57
6.8. Controle de qualidade.....	58
6.9. Análise dos dados.....	58
6.9.1. Gráficos box-plot.....	58
6.9.2. Análise de agrupamentos.....	59
6.9.3. Coeficiente de correlação de Spearman.....	59
6.9.4. Análise multivariada das componentes principais.....	59

7. RESULTADOS E DISCUSSÃO	61
7.1. Parâmetros físico-químicos.....	61
7.1.1. Temperatura do ar e da água	61
7.1.2. Oxigênio dissolvido.....	63
7.1.3. Potencial hidrogeniônico (pH).....	66
7.1.4. Condutividade elétrica.....	67
7.1.5. Demanda química de oxigênio (DQO).....	71
7.2. Coliformes totais e fecais.....	74
7.3. Elementos-traço.....	82
7.4. Nutrientes.....	84
7.4.1. Amônia e nitrito.....	85
7.4.2. Fósforo total (P total) e fosfato inorgânico dissolvido (P orto).....	90
7.4.3. Relação entre nutrientes e ocupação às margens das microbacias.....	95
7.5. Análise das componentes principais (ACP).....	99
7.5.1 Período de seca.....	99
7.5.2. Período chuvoso	102
8. CONCLUSÃO	104
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	106
APÊNDICES	113

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Principais doenças relacionadas à falta de saneamento em Porto Velho, 2001 a julho de 2007.....	29
Tabela 2. Valores máximos permissíveis para elementos-traço em águas para consumo humano estabelecidos por diferentes instituições governamentais.....	35
Tabela 3. Concentrações de elementos-traço dissolvidos em alguns rios do mundo.....	37
Tabela 4. Bairros, população residente e número de domicílios localizados às margens de cada uma das microbacias do perímetro urbano de Porto Velho – RO.....	46
Tabela 5. Tipo de esgotamento sanitário relativo ao número total de domicílios permanentes localizados às margens das microbacias do perímetro urbano de Porto Velho – RO, expresso em porcentagem.....	47
Tabela 6. Forma de destinação final de lixo relativa ao número total de domicílios permanentes localizados às margens das microbacias do perímetro urbano de Porto Velho – RO, expresso em porcentagem.....	47
Tabela 7. Tipo de abastecimento de água relativo ao número total de domicílios permanentes localizados às margens das microbacias do perímetro urbano de Porto Velho – RO, expresso em porcentagem.....	47
Tabela 8: Coordenadas geográficas de localização dos pontos amostrados.....	50
Tabela 9. Reagentes utilizados para o preparo das soluções-estoque de amônia, nitrito, fosfato inorgânico dissolvido e fósforo total.....	56
Tabela 10. Estatística descritiva da temperatura da água dos igarapés urbanos e rurais de Porto Velho.....	61
Tabela 11. Estatística descritiva da condutividade elétrica nos igarapés urbanos e rurais de Porto Velho – RO.....	67
Tabela 12. Matriz de correlação das variáveis indicadoras da qualidade das águas nos igarapés urbanos e rurais de Porto Velho – RO, período de seca.....	70
Tabela 13. Matriz de correlação das variáveis indicadoras da qualidade das águas nos igarapés urbanos e rurais de Porto Velho – RO, período de cheia.	71
Tabela 14. Estatística descritiva de coliformes fecais e não fecais nos igarapés urbanos e rurais de Porto Velho – RO.....	77
Tabela 15. Comparação entre os valores de coliformes fecais encontrados nos locais utilizados para balneabilidade e os valores propostos pelo CONAMA 274 (2000).....	78
Tabela 16. Concentrações de metais pesados (mg.L^{-1}) determinadas nas amostras de água total dos igarapés urbanos e rurais de Porto Velho – RO.....	83

Tabela 17. Comparação entre os resultados de elementos-traço em água total dos igarapés urbanos e rurais de Porto Velho e outros trabalhos.....	84
Tabela 18. Estatística descritiva para nutrientes em cada um dos igarapés, período seco.....	84
Tabela 19. Estatística descritiva para nutrientes em cada um dos igarapés, referentes ao período de cheia.....	85
Tabela 20. Matriz do peso fatorial das variáveis nas três componentes principais no período de seca.....	100
Tabela 21. Matriz do peso fatorial das variáveis nas três componentes principais no período chuvoso.....	102

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa da área de estudo.....	24
Figura 2. Ciclo do nitrogênio.....	32
Figura 3. Representação entre a relação das concentrações dos elementos e sua atividade no organismo.....	34
Figura 4. Mapa geológico da área de estudo.....	40
Figura 5: Mapa de vegetação da área de estudo.....	42
Figura 6: Mapa de pedologia da área de estudo.....	44
Figura 7. Desenho amostral da área de estudo evidenciando os pontos de coleta.....	49
Figura 8. Índices de precipitação referentes ao ano de 2007 e 2008.....	51
Figura 9. Igarapé Vitória, ponto situado na área rural de Porto Velho – RO.....	51
Figura 10. Igarapé dos Tanques, trecho localizado na área urbana central de Porto Velho – RO.....	52
Figura 11. Igarapé Santa bárbara, ponto situado na área urbana central de Porto Velho – RO, próximo à foz no rio Madeira.....	52
Figura 12. Igarapé Periquitos, trecho localizado na área urbana de Porto Velho – RO.....	52
Figura 13: Medição dos parâmetros físico-químicos, utilizando os aparelhos oxímetro, condutivímetro e pHmetro.....	53
Figura 14. Análise das amostras no Espectrofotômetro de Absorção Atômica por chama.....	54
Figura 15. Análise de nitrito nas amostras de água utilizando o método Colorimétrico.....	57
Figura 16. Variação da temperatura da água nos igarapés de Porto Velho – RO.....	62
Figura 17. Variação de oxigênio dissolvido nos pontos coletados nos igarapés de Porto Velho – RO.....	63
Figura 18. Presença de resíduos sólidos no igarapé dos Tanques.....	64
Figura 19. Concentrações de oxigênio dissolvido nos igarapés de Porto Velho – RO.....	65
Figura 20. Valores de pH nos igarapés de Porto Velho – RO.....	67
Figura 21. Valores de condutividade elétrica nos igarapés de Porto Velho – RO.....	69

Figura 22. Comparação entre os valores de condutividade elétrica nos igarapés urbanos e rurais de Porto Velho – RO.....	70
Figura 23. Concentrações de DQO nos igarapés de Porto Velho – RO.....	72
Figura 24. Comparação entre as concentrações de DQO nos igarapés urbanos e rurais de Porto Velho – RO.....	72
Figura 25. Criação de gado às margens do igarapé Periquitos na zona rural.....	73
Figura 26. Valores de coliformes totais nos igarapés de Porto Velho – RO.....	75
Figura 27. Valores de coliformes fecais nos igarapés de Porto Velho – RO.....	76
Figura 28. Ponto P31BAT (a) e P5VIT (b), utilizados para balneabilidade.....	78
Figura 29. Distribuição espacial de coliformes totais em poços tipo “amazonas”, de Porto Velho – RO.....	80
Figura 30. Distribuição espacial de coliformes fecais em poços tipo “amazonas”, de Porto Velho – RO.....	81
Figura 31. Concentrações de amônia nos igarapés de Porto Velho – RO.....	86
Figura 32. Concentrações médias de amônia nos igarapés urbanos e rurais de Porto Velho – RO.....	87
Figura 33. Concentrações de nitrito nos igarapés de Porto Velho – RO.....	88
Figura 34. Processo de eutrofização no igarapé Grande no período chuvoso, ponto P25GRA.....	89
Figura 35. Concentrações de P total nos igarapés de Porto Velho – RO.....	91
Figura 36. Concentrações médias de P total nos igarapés urbanos e rurais de Porto Velho.....	92
Figura 37. Tanque de decantação da indústria frigorífica próxima ao P1VIT.....	92
Figura 38. Pontos localizados à montante (a) (P5VIT) e à jusante (b) (P1VIT) dos tanques de decantação.....	92
Figura 39. Concentrações médias de ortofosfato nos igarapés urbanos e rurais de Porto Velho – RO.....	94
Figura 40. Concentrações de ortofosfato nos igarapés de Porto Velho – RO.....	94
Figura 41. Concentrações de nutrientes no igarapé Bate-Estacas, no período de seca.....	95
Figura 42. Concentrações de nutrientes no igarapé Bate-Estacas, no período de cheia.....	96

Figura 43. Presença de palafitas no P34BAT (a), ponto à montante da captação de água e o ponto P38BAT (b), à jusante da captação.....	96
Figura 44. Concentrações médias de nutrientes ($\mu\text{g.L}^{-1}$) nos igarapés de Porto Velho - RO.....	97
Figura 45. Dendograma de similaridade quanto às condições de infra-estrutura (esgotamento sanitário, coleta de lixo e abastecimento de água) da população residente às margens dos igarapés.....	98
Figura 46. Distribuição espacial dos pontos nas duas componentes principais no período de seca.....	101
Figura 47. Distribuição espacial dos pontos nas duas componentes principais no período chuvoso.....	103

LISTA DE SIGLAS

ACP – Análise das componentes principais
APECHACOB – Associação dos pequenos chacareiros do Belmont
APHA – American public health association
BAT – Igarapé Bate-Estacas
BEL – Igarapé Belmont
CAERD – Companhia de águas e esgotos de Rondônia
CENTRAN – Centro de excelência em engenharia de transportes
CETESB – Companhia de tecnologia de saneamento ambiental
CONAMA – Conselho nacional do meio ambiente
CP – Componente principal
CPRM – Companhia de pesquisa de recursos minerais
DNIT – Departamento nacional de infra-estrutura de transportes
DNPM – Departamento nacional de pesquisas minerais
DQO – Demanda química de oxigênio
EMPRAPA – Empresa brasileira de pesquisa agropecuária
EPA – Environmental protection agency
FUNASA – Fundação nacional de saúde
GPS – Global system position
GRA – Igarapé Grande
IBGE – Instituto brasileiro de geografia e estatística
MS – Ministério da saúde
OD – Oxigênio dissolvido
ONU – Organização mundial de saúde
pH – Potencial hidrogeniônico
PRU – Parte rural do igarapé Periquitos
PUB – Parte urbana do igarapé Periquitos
SEDAM – Secretaria de estado do desenvolvimento ambiental
SEMPLA – Secretaria municipal de planejamento e coordenação
SEMUSA – Secretaria municipal de saúde
SIVAM – Sistema de vigilância da Amazônia
TAN – Igarapé Tanques
UFC – Unidade formadora de colônia

VIT – Igarapé Vitória

WHO – World health organization

RESUMO

A rápida taxa de urbanização associada ao crescimento desordenado tem produzido contínua e sistemática deterioração de sistemas naturais. A quantificação de elementos-traço e nutrientes tem sido utilizada como indicador de impactos no ambiente aquático. Este estudo teve como objetivo avaliar a qualidade da água da rede hídrica superficial de Porto Velho – RO, através de variáveis físico-químicas (temperatura, oxigênio dissolvido, pH e condutividade elétrica), químicas (Cu, Cd, Cr, Zn, Pb, Fe, Co, Mn, NH_4^+ , NO_2^- e PO_4^{3-}) e biológicas (coliformes totais e fecais). As coletas de água foram realizadas em outubro de 2007 e em abril de 2008, referentes aos períodos de seca e cheia, respectivamente. Foram amostrados 38 pontos nos igarapés localizados na área urbana (Tanques, Grande, Belmont, Periquitos e Bate-Estacas) e na área rural (Vitória e Periquitos). Os parâmetros físico-químicos mostraram que os locais utilizados para balneabilidade, pesca e uso doméstico, encontram-se com os valores de oxigênio dissolvido abaixo do proposto pela Resolução CONAMA 357/2005 para águas de classe 2. As altas densidades de coliformes fecais demonstram a deterioração, principalmente por esgotos cloacais e pluviais, destes ecossistemas aquáticos. Os baixos teores de elementos-traço detectados nas amostras de água permitem inferir que não há contaminação por estes elementos. A sazonalidade influenciou nas concentrações de nutrientes, de maneira que estas foram maiores no período seco, indicando que há diluição dos íons no período chuvoso. De forma geral, os sistemas hídricos da zona urbana apresentaram valores mais elevados de condutividade elétrica, coliformes fecais e nutrientes que os da zona rural, evidenciando, assim, maior impacto decorrente do uso e ocupação do solo nos igarapés urbanos.

Palavras-chave: Igarapés urbanos; poluição da água; nutrientes; elementos-traço; contaminação bacteriológica.

ABSTRACT

The fast urbanization process associated with the disordered growth had produced a continuous and systematic deterioration of natural systems. The trace elements and nutrients quantification had been used as indicator of impacts in the aquatic environment. The objective of this study was to evaluate the superficial waters quality of Porto Velho – RO, through physical-chemicals (temperature, dissolved oxygen, pH and electrical conductivity), chemicals (Cu, Cd, Cr, Zn, Pb, Fe, Co, Mn, NH_4^+ , NO_2^- and PO_4^{3-}) and biological variables (total and fecal coliform). The water sampling was achieved in October of 2007 and April of 2008, referring to the drought and full periods, respectively. It was demarcated 38 sampling points in streams located in the urban area (Tanques, Grande, Belmont, Periquitos e Bate-Estacas) and in rural area (Vitória e Periquitos). The physical-chemicals parameters have shown that dissolved oxygen concentrations were below of the value established for CONAMA 357/2005 Resolution, to Class 2 water. The high densities of fecal coliforms demonstrate deterioration in these aquatic ecosystems, mainly for sewers. The low concentrations of trace elements detected in the water samples, allow to infer that there is not significant contamination for these elements. The seasonality influenced in the nutrients concentrations, thus these had been greater in dry period, indicating that there is a ion dilution in the rainy period. In general way, the urban aquatic systems presented greater values of electrical conductivity, fecal coliforms and nutrients than the rural streams, evidencing greater impact in urban streams due to the land use and occupation.

Key words: Urban streams; water pollution; nutrients; trace elements; bacteriological contamination.

INTRODUÇÃO

Diariamente, imensos volumes de resíduos domiciliares e industriais são continuamente produzidos. Seja por falta de recursos ou por negligência, grande parte desses resíduos é lançada nos cursos d'água sem ter sofrido qualquer tipo de tratamento prévio.

Os ecossistemas aquáticos acabam servindo como reservatórios temporários ou finais de grande variedade e quantidade de poluentes lançados no ar, no solo ou diretamente nos corpos d'água. Dessa forma, a poluição do ambiente aquático, provocada pelo homem de forma direta ou indireta, produz efeitos negativos aos seres vivos, à saúde humana, às atividades aquáticas (pesca, lazer, etc.) e à qualidade da água para o uso na agricultura, na indústria e em outras atividades econômicas (CHAVES, 2008).

A partir da década de 70, o estado de Rondônia sofreu um intenso processo de ocupação territorial, fruto de uma política do Governo Federal que visava a implantação de projetos de colonização na região. Os projetos denominados Polonoroeste e posteriormente o Planaflo, foram importantes instrumentos desta política. O principal objetivo destes projetos era diminuir as tensões sociais na região sul e centro-sul do Brasil e ocupar a Amazônia. Porém, um dos resultados imediatos desta política de migração foi o expressivo aumento das taxas de desflorestamento, com efeitos deletérios para os ecossistemas e as populações tradicionais (PEDLOWSKI et al, 1999).

Outro fator que contribuiu para o aumento do contingente populacional foi o início do processo de extração artesanal do ouro, que atingiu seu pico no final da década de 80 com o estabelecimento das primeiras dragas no alto rio Madeira (ADAMY & PEREIRA, 1991). Nesse cenário, foram instaladas na região pequenas metalúrgicas para confecções de balsas e dragas e outros empreendimentos que se desenvolveram a partir do processo de exploração do ouro.

Como consequência imediata deste cenário de ocupação rápida, o município de Porto Velho passou por um processo de crescimento vertiginoso e desordenado, não recebendo na mesma proporção investimentos em obras de infra-estrutura por parte do Poder Público. Diante disso, o atual quadro ambiental da cidade é compatível com o nível de pressão antrópica recebida ao longo do tempo, sendo que os reflexos mais evidentes referem-se à escassez de saneamento básico, ausência de tratamento de dejetos domésticos e industriais, disposição inadequada de resíduos sólidos e deficiência dos serviços básicos. Estes fatores associados ocasionam a degradação dos ambientes naturais.

Os cursos d'água superficiais do perímetro urbano, especialmente os igarapés, são os mais afetados, já que acabam servindo como pontos de destinação final de dejetos oriundos de diversas atividades antropogênicas. Desta forma, os mesmos tornam-se vulneráveis aos processos de eutrofização, contaminação bacteriológica e à introdução de diversos contaminantes, a exemplo dos elementos-traço.

Diante disso, o presente trabalho tem como objetivo diagnosticar as alterações nas águas superficiais urbanas de Porto Velho – RO a partir da análise de nutrientes (fósforo total, fósforo dissolvido, nitrito e amônia), elementos-traço (Cu, Pb, Fe, Mn, Zn, Cd, Cr e Co) e da quantificação de coliformes fecais e não fecais. Tal estudo é importante para compreender as alterações no sistema aquático, que podem conduzir a prejuízos econômicos para a região, como a redução da captura de pescado e o aumento do custo de aquisição e tratamento da água, e ainda para compreender os processos que ocorrem dentro desses ecossistemas aquáticos.

1. OBJETIVOS

1.1. Geral

- Avaliar a qualidade da água da rede hídrica superficial da área urbana de Porto Velho – RO.

1.2. Específicos

- Determinar a condutividade elétrica, pH, temperatura, oxigênio dissolvido e demanda química de oxigênio (DQO);
- Quantificar coliformes fecais e coliformes não fecais;
- Analisar elementos-traço nos corpos d'água;
- Determinar as concentrações de fósforo total, fosfato inorgânico dissolvido, nitrito e amônia.

2. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo compreende a área urbana de Porto Velho, localizada na parte noroeste do estado de Rondônia. A cidade situa-se entre os meridianos $63^{\circ} 30'$ e $64^{\circ} 00'$ de longitude WGr e os paralelos $8^{\circ} 30'$ e $9^{\circ} 00'$ de latitude sul, abrangendo uma área de $34.209,5 \text{ Km}^2$ (Figura 1).

Liga-se à região sul e ao estado do Acre, através da rodovia BR 364 e também ao estado do Amazonas, pela rodovia BR 319. O acesso fluvial é feito através do rio Madeira, com seus 1.506 Km totalmente navegáveis desde Porto Velho até a sua foz no rio Amazonas, na cidade de Itacoatiara (AM) (BAHIA, 1997).

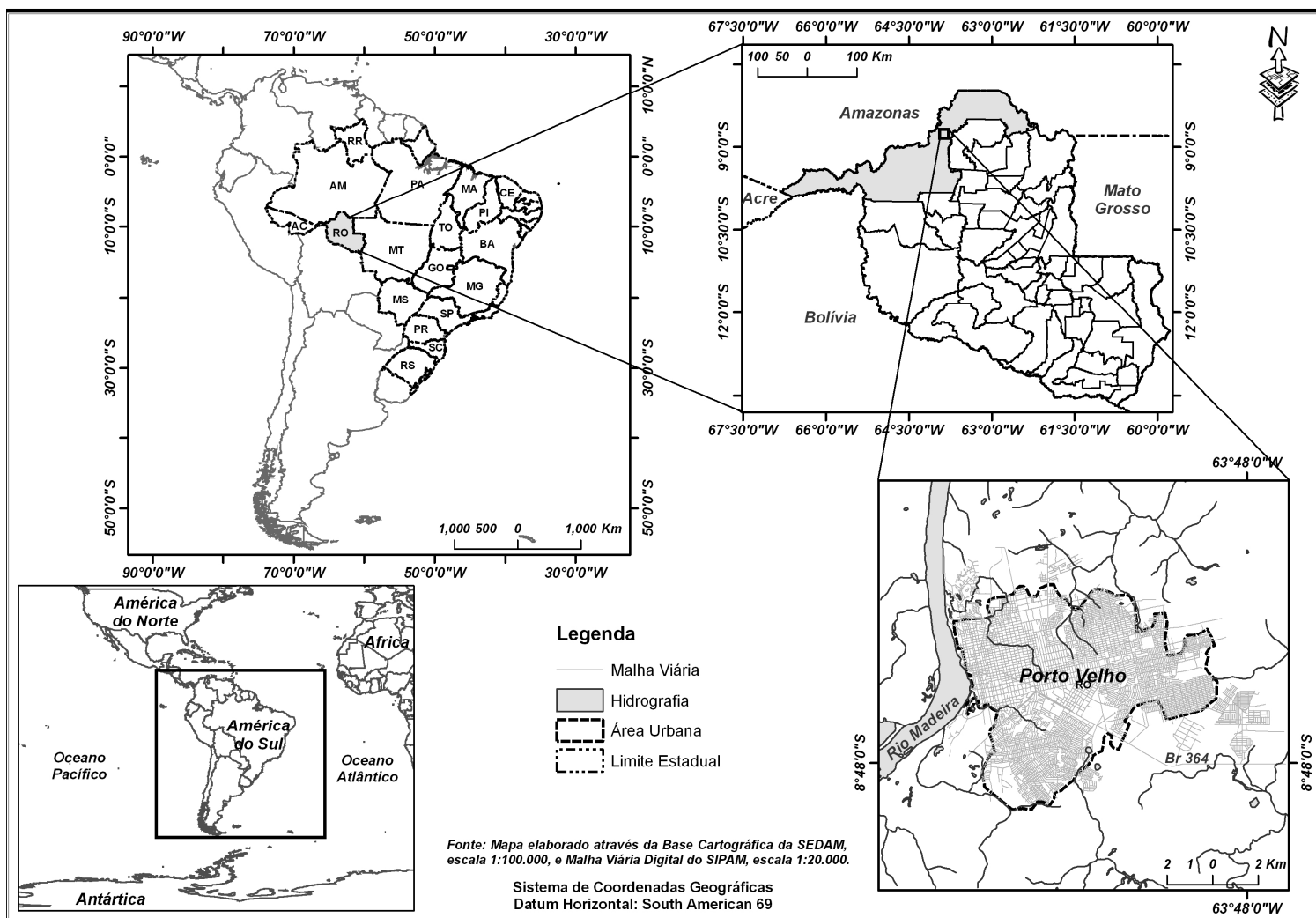


Figura 1. Mapa da área de estudo.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Pesquisas em bacias hidrográficas amazônicas

Diversos trabalhos têm sido realizados em rios da bacia amazônica visando a caracterização dos mesmos. Segundo Santos et al (1984), as primeiras informações geoquímicas conhecidas sobre o rio Negro, por exemplo, foram reportadas por Paiva (1929) e a seguir, Sioli (1956) estudou a geologia, a geografia e o clima do mesmo.

Após a classificação dos rios amazônicos em rios de água clara, branca e preta estabelecida por Sioli (1964), outros sistemas hídricos amazônicos começaram a ser caracterizados quimicamente.

Santos et al (1984), analisaram as condições físico-químicas de 29 afluentes da bacia do rio Negro, com o objetivo de identificar quais desses afluentes possuíam maiores concentrações de sais minerais dissolvidos em suas águas, para melhor aprimoramento dos conceitos hidroquímicos já existentes.

Pessenda et al (1986), fizeram um levantamento das espécies químicas Ca, Mg, Na, K, Si, Al, SO_4^{2-} , Cl, NH_4^+ , NO_3^- , PO_4^{3-} e Fe, nas bacias dos rios Ji-Paraná, Madeira e Jamari (Rondônia), para que pudessem ser relacionadas às variáveis ambientais como solo, relevo, geologia ou ainda às variáveis antropogênicas, como a derrubada de florestas. Os resultados obtidos mostraram-se relacionados com os solos e a geologia da região.

Martinelli et al (1988), caracterizaram os fluxos de nutrientes (Ca, Mg, K, Na e Si) em seis bacias de drenagem no estado de Rondônia ao longo da rodovia BR 364 (do rio Pimenta Bueno; rio Comemoração; rio Ji-paraná; rio Jaru; rio Jamari; rio Candeias). Nessas áreas se concentrava a maior taxa de ocupação antrópica do estado na época. Os autores enfatizaram que os valores encontrados poderiam ser usados como base para a visualização de futuras alterações na composição química destes corpos d'água, devido às iminentes alterações nas condições naturais que aconteceriam em função da ocupação intensiva que vinha ocorrendo no estado a partir da década de 70.

Pascoaloto (2001), avaliou características físicas e químicas de cinco igarapés de terra firme localizados nas proximidades da rodovia BR 174 (Manaus – Boa Vista), em áreas de reserva florestal. Os valores extremamente baixos de pH, condutividade elétrica e turbidez nestes igarapés, sugeriram águas quimicamente pobres e foram condizentes com aqueles registrados anteriormente para a região.

Horbe et al (2005), estudaram as características geoquímicas do rio Puraquequara e seu afluente, o igarapé Água Branca, localizados fora da zona urbana de Manaus e com a bacia ainda protegida por floresta primária, mostrando que há a influência de fatores naturais (intemperismo das rochas sedimentares e ação da chuva) e também a ação do homem atuando na composição química destas águas.

Horbe & Oliveira (2008), quantificaram elementos-traço dissolvidos (Fe, Zn, Ni, Co, Mn, Pb, Cu, Cr, Li e Cd) em igarapés que fazem parte das bacias do Uatumã e Urubu e alguns tributários do rio Amazonas e Negro, encontrando concentrações muito baixas destes, refletindo o ambiente geológico por onde percolam.

Devido ao processo de ocupação ocorrido na Amazônia e às conseqüências trazidas pelo mesmo, principalmente ao meio ambiente, os corpos d'água passaram a ser importantes indicadores de poluição ambiental.

Autores como Cleto Filho (2003) e Mendonça & Santana (2006), têm estudado os impactos causados em igarapés situados em áreas urbanas de Manaus, relacionando as alterações na qualidade da água, principalmente, aos desmatamentos, ocupação humana ao longo de suas margens e poluição orgânica decorrente de despejos domésticos e efluentes industriais.

Melo et al (2006), avaliaram a influência antrópica sobre bacias hidrográficas da área urbana (São Raimundo e Educandos) e rural (Tarumã-Açu) no município de Manaus, constatando alterações em alguns parâmetros destes (como o oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, concentrações de cátions e ânions), quando comparados com igarapés naturais da região.

Santos et al (2006) estudaram, além das características físico-químicas, as concentrações de metais potencialmente tóxicos nas águas do rio Tarumã e seus afluentes (igarapés Matrinchã e da Bolívia – Manaus/AM) para verificar a influência de um aterro sanitário e de esgotos domésticos sobre os mesmos. Foi constatado que houve alterações consideráveis nas características químicas das águas próximas do aterro sanitário, especialmente em relação a pH, condutividade elétrica, dureza e alcalinidade, Cl^- , PO_4^{3-} , NH_4^+ , K^+ , Na_2^+ , Ca_2^+ , Fe_3^+ , Ni, Pb, Cu, Zn e Mn, quando comparados às águas naturais da região. Porém, apenas NH_4^+ , Ni, Pb, Cu e Zn apresentaram concentrações elevadas para os padrões de águas de uso doméstico, segundo a resolução CONAMA (2005).

Santana & Barroncas (2007), também quantificaram elementos-traço dissolvidos (Co, Cu, Fe, Cr, Ni, Mn, Pb e Zn) em amostras de água e sedimentos dos igarapés Matrinchã, Acará, da Bolívia e Tarumãzinho (afluentes da bacia do Tarumã-Açu – Manaus/AM), parcialmente inseridos na malha urbana. Assim como o trabalho de Santos et al. (2006), os resultados revelaram que o aterro sanitário é um dos principais responsáveis pelo impacto ambiental

observado nos corpos hídricos estudados. Dessa vez, porém, a concentração de metais pesados estava muito acima dos permitidos pela resolução 357 do CONAMA (2005) em praticamente todos os locais amostrados.

No município de Porto Velho - RO, trabalhos têm sido desenvolvidos com este mesmo objetivo de diagnosticar e identificar fontes de poluição nos corpos d'água superficiais da cidade: Elage et al (1998), estudaram os impactos ambientais na bacia do igarapé dos Tanques (localizado totalmente na área urbana), face à urbanização de Porto Velho, verificando elevada poluição orgânica no mesmo.

Castro Neto et al (1999), verificaram a qualidade das águas do igarapé Bate-Estacas, utilizado pela CAERD para abastecimento de parte da população no período chuvoso, constatando, a partir de parâmetros físico-químicos e de índices bacteriológicos, “sinais” de poluição em parte desta microbacia devido ao recebimento de esgotos, sendo consideradas impróprias para balneabilidade em alguns pontos.

Marques et al (2004), constataram altos índices de coliformes fecais em amostras de água do igarapé dos Tanques, apresentando-se impróprias para o consumo humano ou para balneabilidade.

Souza (2006), encontrou altas concentrações de elementos-traço nos sólidos em suspensão (Zn, Hg, Cr, Fe, Pb e Mn) e no sedimento de fundo (Co, Zn, Hg, Cr, Fe, Pb, Cu e Mn) do igarapé dos Tanques se comparadas com locais de pouca influência antrópica.

Menezes (2007), estudou a micro bacia do igarapé Belmont e verificou que as concentrações médias de nutrientes foram maiores na zona urbana do que na zona rural deste, o que reforça que os valores obtidos foram influenciados pelo uso e ocupação da bacia.

Nesse sentido, o presente trabalho visa contribuir com os estudos hidroquímicos na região de Porto Velho a partir da avaliação de parâmetros físicos, químicos e biológicos, buscando compreender a influência de variáveis naturais e antropogênicas na qualidade dos ecossistemas hídricos do município. Destaca-se que, apesar de igarapés como o Tanques terem sido bastante estudados, não há ainda nenhum estudo nas microbacias dos igarapés Vitória, Grande e Periquitos.

4. CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA

4.1. Doenças relacionadas à falta de saneamento básico em Porto Velho – RO

As ações de saneamento básico influenciam diretamente a salubridade e a qualidade de vida dos indivíduos, sendo responsabilidade do Estado o desenvolvimento de políticas públicas que favoreçam a distribuição justa e equitativa de recursos que propiciem a dignidade dos seres humanos e evitem fatores nocivos à saúde (DANIEL et al, 2004).

A cobertura inadequada dos serviços básicos de tratamento e distribuição de água, esgotamento sanitário, disposição final dos resíduos sólidos pode acarretar num aumento da incidência de doenças de transmissão hídrica. Segundo o Manual de Saneamento da Fundação Nacional de Saúde – FUNASA (2004), as camadas mais pobres da população são as que mais sofrem as conseqüências da falta de infra-estrutura, sendo constantes entre esses indivíduos a ocorrência de doenças como giardíase, amebíase, diarreia e hepatite, evidenciando a desigualdade social existente no país e contribuindo para a diminuição da qualidade de vida da população.

No Brasil, 65% das internações hospitalares são provenientes de doenças de veiculação hídrica, que podem ser classificadas em:

- A) Doenças que dependem da água para sua transmissão, a qual age como veículo passivo para o agente de infecção, como é o caso da cólera, salmonela, diarreia e leptospirose.
- B) Doenças devido à falta de higiene, que dependem da educação da população e da disponibilidade de água segura e estão geralmente associadas às infecções da pele e olhos.
- C) Doenças onde a água atua como meio propício para o desenvolvimento do agente infeccioso, como é o caso da malária e dengue (TUCCI, 2008).

No município de Porto Velho, apenas 2,17% da população conta com o serviço de coleta de esgoto e 62,45% tem abastecimento de rede geral de água (SNIS, 2006), ficando boa parte da população vulnerável a essas doenças. Os números mostrados na tabela 1 endossam as conseqüências trazidas pela falta de saneamento básico na cidade.

Tabela 1. Principais doenças relacionadas à falta de saneamento em Porto Velho, 2001 a julho de 2007.

Doenças	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Chagas	0	1	0	0	0	0	0
Dengue	596	941	2200	1052	954	1219	149
Febre amarela	1	0	0	0	0	0	0
Febre Tifóide	0	2	0	0	1	0	0
Hepatite A	207	87	78	23	24	11	2
Leptospirose	1	2	1	2	2	2	4
Meningites	26	22	34	10	12	26	31
Tuberculose	207	233	280	250	223	203	81

Fonte: Prefeitura Municipal de Porto Velho – Secretaria Municipal de Saúde – SEMUSA/Agosto de 2007.

4.2. Eutrofização

Eutrofização é o fenômeno causado pelo incremento de nutrientes no corpo hídrico, principalmente fósforo e nitrogênio, que tem como consequência o aumento de sua produtividade primária com o crescimento excessivo de espécies vegetais aquáticas. A eutrofização pode ter origem natural ou artificial. O processo natural corresponde ao que poderia ser chamado de “envelhecimento natural” de um corpo d’água, ocorrendo de forma lenta e contínua através do aporte de nutrientes trazidos pelas chuvas e pelas águas superficiais, que erodem e lavam a superfície terrestre (ESTEVEES, 1998; SANTOS et al, 2004).

Já a eutrofização artificial, induzida pelo homem, é responsável pelo “envelhecimento precoce” dos ecossistemas aquáticos. Este tipo de eutrofização é um processo dinâmico, no qual ocorrem profundas modificações qualitativas e quantitativas nas comunidades aquáticas, nas condições físicas e químicas do meio e no nível de produção do sistema, sendo considerada uma forma de poluição (ESTEVEES, 1998).

O nível de eutrofização artificial geralmente está relacionado ao uso e ocupação do solo predominante na bacia hidrográfica. Os principais responsáveis pelo incremento desses níveis são:

a) A ocupação por agricultura, que pode influir na qualidade da água devido ao uso intensivo no solo de fertilizantes, produtos com elevados teores de nutrientes que tendem a escoar superficialmente pelo terreno, até atingir o corpo d’água;

b) A ocupação urbana, que traz como principais conseqüências o processo de assoreamento que é causado pela sedimentação das partículas de solo, reduzindo o volume útil do corpo d'água e servindo de suporte para o crescimento de vegetais fixos de maiores dimensões (macrófitas) próximos às margens. Há ainda a deterioração associada aos esgotos, que contêm altas concentrações de nutrientes presentes nas fezes e urina, nos restos de alimentos e outros subprodutos das atividades humanas (VON SPERLING, 1996; ESTEVES, 1998; ROCHA et al, 2004).

Os principais efeitos indesejáveis da eutrofização são a diminuição do uso da água para recreação e balneabilidade, redução geral na atração turística devido às frequentes florações das águas, crescimento excessivo da vegetação, inclusive cianofíceas e eventuais maus odores, ocasionais mortandades de peixes, devido à anaerobiose e toxicidade por amônia, entre outros (VON SPERLING, 1996).

4.2.1. Fosfatos

Segundo Rocha et al (2004), os maiores reservatórios naturais de fósforo são as rochas fosfáticas sedimentares formadas em eras geológicas remotas. A decomposição destas rochas por fenômenos de erosão gradativa libera fosfatos que entram nos ecossistemas e são ciclados, sendo grande parte desse fósforo mineral levada por lixiviação aos oceanos. No entanto, apenas uma pequena parte é aproveitada por seres marinhos, enquanto a maioria fica praticamente indisponível em sedimentos profundos. Em um ambiente aquático, o fósforo pode se apresentar como fosfato particulado (P particulado), fosfato orgânico dissolvido (P orgânico dissolvido), fosfato inorgânico dissolvido ou ortofosfato (P orto), fosfato total dissolvido (P total dissolvido) e fosfato total (P total) (ESTEVES, 1998; LACERDA et al, 2000).

Nos sistemas aquáticos, os fosfatos dissolvidos são aportados na forma de fertilizantes, anticorrosivos, efluentes domésticos, aditivos, etc. O fósforo cicla por meio de cadeias alimentares, voltando ao solo como restos mortais ou como excrementos, principalmente de aves marinhas (ROCHA et al, 2004).

Os fosfatos inorgânicos são adicionados aos detergentes em pó, com o objetivo de complexar os íons metálicos (principalmente cálcio e magnésio) responsáveis pela dureza das águas e por tornar o meio alcalino, melhorando a ação de limpeza. Com o passar do tempo, a utilização crescente desses produtos de limpeza aliada à aplicação não criteriosa de fertilizantes fosfatados nas lavouras, levou ao surgimento de problemas ambientais de

poluição de águas. Os fosfatos não atuam como materiais tóxicos no meio ambiente, mas sim como nutrientes. Em águas naturais estagnadas, o resultado é o crescimento excessivo de algas, que pode provocar a eutrofização do manancial (OSÓRIO & OLIVEIRA, 2001).

4.2.2. Compostos de nitrogênio

O nitrogênio é um dos elementos mais importantes no metabolismo de ecossistemas aquáticos, principalmente porque participa na formação de proteínas, um dos componentes básicos da biomassa. Quando presente em baixas concentrações, pode atuar como fator limitante na produção primária de ecossistemas aquáticos (ESTEVES, 1998).

O nitrogênio total possui um importante papel nos aspectos vitais. Dependendo do nível de oxidação do curso d'água, o nitrogênio pode se apresentar de diversas formas tais como nitrito, nitrato, amônia e nitrogênio orgânico (LACERDA et al, 2000). Dentre estas, o íon amônio e o nitrato são as principais fontes de N para produtores primários. O íon nitrato (NO_3^-) é a forma mais oxidada e que se apresenta mais estável nas águas superficiais. As formas mais reduzidas são a amônia (NH_3) e seu ácido conjugado, o íon amônio (NH_4^+). Em solução, as formas mais importantes entre esses extremos são o íon nitrito (NO_2^-) e o nitrogênio molecular (N_2) (BAIRD, 2002).

Em processos de nitrificação catalisados por microrganismos, a amônia e o íon amônio são oxidados para nitrato, enquanto nos processos de desnitrificação correspondentes, o nitrato e o nitrito são reduzidos para nitrogênio molecular. Tais processos são importantes em solos e águas naturais. Em ambientes aeróbicos (superfície de lagos, por exemplo) o nitrogênio se apresenta na sua forma mais oxidada, o nitrato, enquanto que em ambientes anaeróbicos (como no fundo de lagos estratificados), em forma reduzida (amônia e íon amônio). No caso do nitrito, é comum ocorrer em ambientes anaeróbicos, como solos alagados, que não são redutores o suficiente para converter todo o nitrogênio em amônia (Figura 2) (BAIRD, 2002).

Esses íons, principalmente o nitrito e o nitrato, têm sido considerados contaminantes ambientais de larga expansão para corpos d'água, tanto subterrâneos como superficiais, em todo o mundo. O excesso desses íons em corpos d'água, resultante das atividades agrícolas - ou por mudanças demográficas - pode causar a eutrofização desses ecossistemas. O conhecimento dos teores destes em amostras de água tem despertado grande interesse na sociedade, uma vez que suas concentrações em águas naturais têm aumentado

significativamente, podendo causar problemas ao meio ambiente e, conseqüentemente, à saúde humana (PESSOA NETO, 2006).

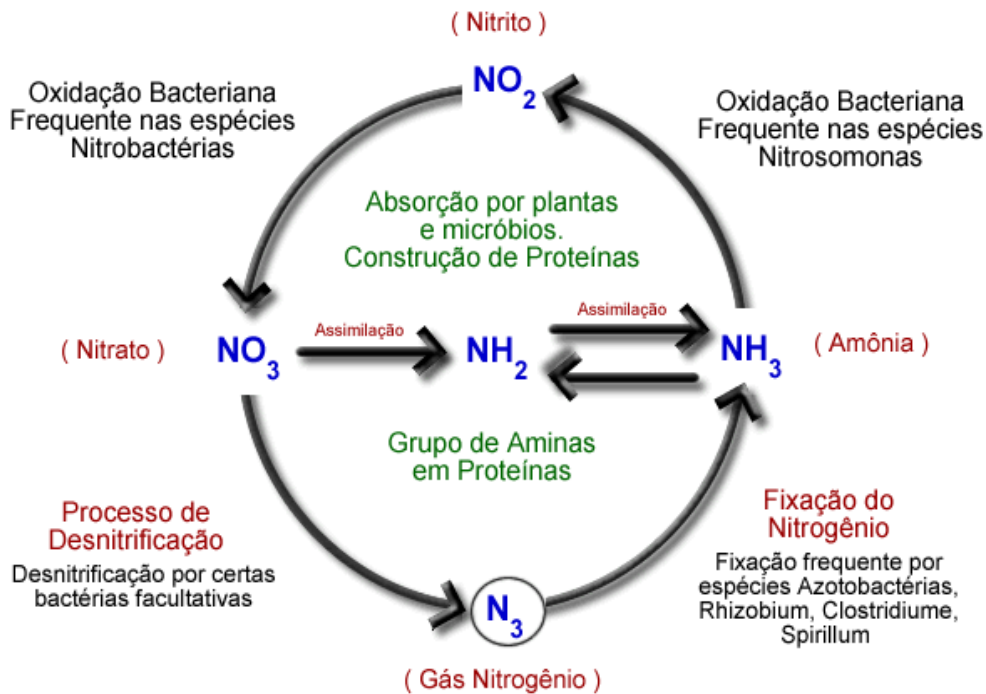


Figura 2. Ciclo do nitrogênio.

Fonte: <http://www.ecobionatureza.com.br/imgs0/ciclo.gif>

4.3. Contaminação bacteriológica

Os corpos d'água normalmente são habitados por seres vivos, entre os quais podem ser incluídos os microrganismos (e.g., bactérias, protozoários, fungos, microalgas), que são os principais responsáveis pela degradação da matéria orgânica e pela ciclagem de nutrientes. Além dos microrganismos próprios dos rios, o mesmo recebe outras bactérias procedentes de cargas de esgotos, que podem prejudicar seriamente a saúde da população que faz uso desta água para seu consumo diário (GIATTI et al, 2004).

Dentre as bactérias procedentes de esgotos, merece atenção o grupo denominado coliformes. Há aproximadamente 95 anos, estes têm sido utilizados como indicadores das condições higiênico-sanitárias e da ocorrência de contaminação fecal em águas, devido ao fato de estarem presentes nas fezes de animais homeotermos (SOUZA et al, 1983; MENDONÇA & GRANADA, 1999).

Os coliformes fecais têm como principal característica bioquímica a capacidade de fermentar a lactose, com produção de gás, na temperatura de 44,5°C (SOUZA et al, 1983). Os

mesmos são constituídos em sua maior parte pela bactéria patogênica *Escherichia coli*, que tem seu *habitat* exclusivo no trato intestinal do homem e de outros animais. Por isso, esse grupo assume importância como parâmetro indicador da possibilidade da existência de microorganismos patogênicos responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica, tais como febre tifóide, febre paratífóide, desintéria bacilar e cólera. Estas doenças são de grande importância devido à sua alta patogenicidade no ser humano e sua abrangência mundial, além de serem reinfecantes, graças à sua grande variação antigênica (PELCZAR et al, 1981).

4.4. Demanda química de oxigênio (DQO)

Todos os corpos d'água naturais contêm matéria orgânica. Este fato deve-se principalmente à troca de matéria e energia na bacia hidrográfica por meio do ciclo hidrológico (contaminação difusa) e pela ação antrópica direta (poluição pontual), como despejos de poluentes. Além das fontes alóctones, fontes de matéria orgânica autóctones podem ser relevantes em alguns ecossistemas. A produção de matéria orgânica pela biota aquática e a ressuspensão do sedimento podem representar importantes fontes de matéria orgânica ao sistema (VILLA, 2005).

Um dos resultados da introdução de matéria orgânica em um corpo d'água é o maior consumo de oxigênio dissolvido. Esse fenômeno ocorre devido aos processos de estabilização da matéria orgânica, realizados pelas bactérias degradadoras, as quais utilizam o oxigênio disponível no meio líquido para sua respiração (SANTOS, 2008).

A Demanda química de oxigênio (DQO) é um parâmetro global utilizado como indicador do conteúdo orgânico de águas superficiais e residuárias, sendo uma medida indireta de poluentes utilizada no monitoramento de estações de tratamento de efluentes líquidos e também de águas naturais (AQUINO et al, 2006).

A DQO é definida como a quantidade de um oxidante específico que reage com uma amostra, sob determinadas condições. A quantidade de oxidante consumido é expressa em termos de oxigênio equivalente. Na reação de DQO, tanto os componentes orgânicos quanto os inorgânicos serão oxidados, mas na maioria dos casos, os componentes orgânicos são predominantes e de maior interesse. O aumento dos valores de DQO em um sistema aquático geralmente está relacionado aos despejos de origem industrial (VILLA, 2005; SANTOS, 2008).

4.5. Metais pesados ou elementos-traço

A expressão “metais pesados” corresponde ao grupo de elementos químicos com densidade acima de $5,0 \text{ g/cm}^3$ (BAIRD, 2002). Recentemente, porém, o termo mais utilizado na literatura científica para se referir a estes é “elementos-traço”, porque geralmente se apresentam em pequenas concentrações no ambiente. Existem exceções como o Fe, Al e Mn, que apesar de serem encontrados em concentrações maiores, ainda assim recebem esta denominação dada por pesquisadores como Bruno (2005) e Guilherme et al (2005).

Os elementos-traço têm recebido especial atenção devido ao seu uso intensivo em atividades industriais geradoras de resíduos sólidos e líquidos, que podem vir a ser descartados em compartimentos ambientais, como os solos e as bacias hidrográficas (HEITZMANN Jr., 1999).

De maneira geral, os elementos-traço podem ser classificados em essenciais e não essenciais quanto aos seres vivos (ZINGARO, 1979). Na figura 3 é apresentada a diferenciação das concentrações dos elementos referente às duas classes.

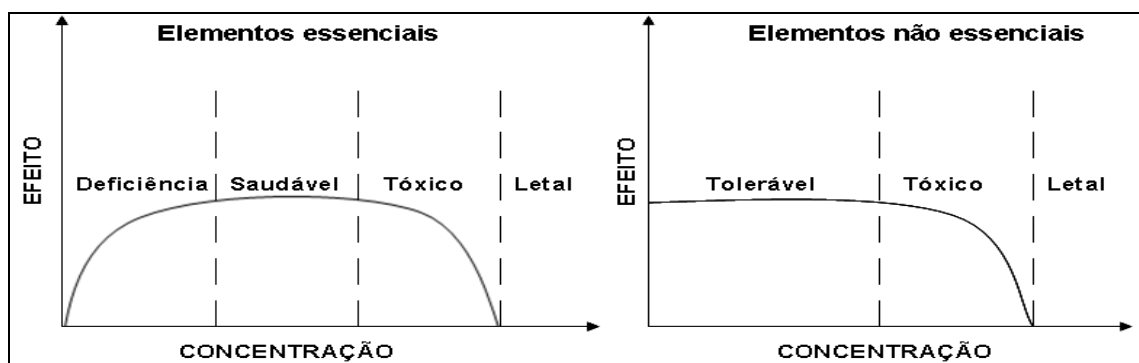


Figura 3. Representação entre a relação das concentrações dos elementos e sua atividade no organismo.

Fonte: Adaptado de Cortecchi, 2002.

Para os humanos são essenciais, como macronutrientes, Ca, Cl, Mg, P, K, Na, O, H e S; e como micronutrientes, As, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Se, V, Zn, F, I e Si. Todos esses nutrientes são importantes e sua falta acarreta prejuízos à saúde. Por outro lado, sua assimilação em excesso, especificamente quanto aos micronutrientes, pode ser fatal. Os elementos conhecidos e considerados tóxicos, dependendo da quantidade assimilada e de sua biodisponibilidade, são Al, As, Pb, Cd, Hg, B, Sb, Rn e U (MIRANDA, 2007).

Embora alguns elementos-traço sejam considerados essenciais do ponto de vista biológico, sob condições específicas podem causar impactos negativos a ecossistemas

terrestres e aquáticos, constituindo-se assim, em contaminantes ou poluentes de solo e água. Para elementos que possuem a característica intrínseca de causar danos, a única maneira efetiva de se diminuir o risco ambiental e à saúde humana é a redução à exposição (ESTEVEZ, 1998).

Devido à toxicidade de determinados elementos-traço, instituições governamentais estabeleceram valores máximos permissíveis nas águas utilizadas para consumo humano, conforme mostrado na tabela 2.

Tabela 2. Valores máximos permissíveis para elementos-traço em águas para consumo humano estabelecidos por diferentes instituições governamentais.

Padrão de Potabilidade (mg.L⁻¹)				
Elemento	Portaria 36/90 MS ¹	Portaria 1469/MS ²	WHO ³	EPA ⁴
Cd	0,005	0,005	0,005	0,01
Cr	0,05	0,05	0,05	0,05
Cu	1,00	2,00	1,00	1,00
Fe	0,30	0,30	0,30	0,30
Mn	0,10	0,10	0,10	0,05
Pb	0,05	0,05	0,05	0,05
Zn	5,00	5,00	5,00	–

¹ Ministério da Saúde, Portaria n° 36/90 (Decreto Estadual 12.342/78, Código Sanitário).

² Ministério da Saúde, Portaria n° 1469/2000 (29/12/2000).

³ WHO – World Health Organization (ONU) – Guia para água Potável/Valor experimental – nova Portaria Vigente.

⁴ EPA – Environmental Protection Agency (EPA, 2003, EUA) – Critério de Qualidade de água.

A toxicidade dos elementos-traço reside principalmente na sua capacidade de competir com nutrientes minerais (cálcio, zinco, ferro, selênio, etc). Os alvos celulares de toxicidade são processos bioquímicos específicos, como as enzimas ou as membranas celulares e organelas. O efeito tóxico em geral se dá através da interação dos íons metálicos livres com o alvo celular. A toxicidade é determinada pela dose ao nível celular e também por fatores como a forma ou espécie química e o tipo de alvo em questão. Como exemplo pode-se citar o metil ou o dimetil mercúrio, que são neurotóxicos, enquanto o cloreto de mercúrio é nefrotóxico. O chumbo e o urânio, elementos-traço que possuem afinidade nos ossos, têm longo tempo de retenção e são geralmente acumulados conforme a idade do indivíduo (LEMES, 2001; BRUNO, 2005).

A biodisponibilidade, definida como a fração da concentração total do elemento em cada um dos reservatórios abióticos que pode ser retirada pelos organismos, é afetada pela especiação entre as formas hidratadas livres e ainda pela composição química das águas e dos solos. Fatores biológicos, como a capacidade de assimilação, idade e estado de desenvolvimento corpóreo, também exercem um papel importante na biodisponibilidade de determinado elemento no organismo (MIRANDA, 2007).

4.5.1. Elementos-traço em águas superficiais

Em ambientes aquáticos, os elementos-traço encontram-se dissolvidos ou particulados e sua disposição no meio hídrico pode ocorrer por advecção, sedimentação ou precipitação. Quatro fatores abióticos de forte interação podem ser distinguidos nestes ambientes:

- a) O material em suspensão, cujas características físicas e geoquímicas influenciam na capacidade de ligação com os elementos-traço e em sua autodepuração;
- b) Os sedimentos, aos quais os elementos-traço podem estar associados em diversas fases, podendo ser liberados novamente para a coluna d'água através de alterações físico-químicas da água, mostrando uma interdependência entre os processos de remobilização e diversos parâmetros, como o pH, potencial redox, força iônica e concentrações de agentes complexantes;
- c) As águas intersticiais, que equivalem ao meio de transporte dos elementos-traço nos sedimentos;
- d) E as águas superficiais, onde apenas uma pequena fração do total de elementos-traço dissolvidos existem em forma livre como cátions hidratados. A fração restante encontra-se sob a forma de complexos, colóides ou ligada a partículas em suspensão, a sedimentos ou microorganismos (BRUNO, 2005).

Os elementos-traço normalmente estão presentes em concentrações muito baixas em águas superficiais não poluídas, usualmente na faixa de 10^{-9} mol.L⁻¹ a 10^{-12} mol.L⁻¹. Na tabela 3 é apresentado um exemplo de concentrações encontradas em importantes rios do mundo, concentrações estas bem inferiores àquelas máximas permitidas para água potável. Devido às baixas concentrações desses elementos (menos de uma parte por bilhão) nestes ambientes, sua identificação e quantificação tornam-se um desafio adicional, plenamente realizável somente em laboratórios bem equipados (GUILHERME et al, 2005).

O aumento na concentração de elementos-traço em águas superficiais depende de fatores naturais, como a composição química das rochas e dos solos onde se encontra a bacia,

os quais podem ser liberados através do intemperismo, exposição atmosférica e da lixiviação de elementos do solo e rochas da região (MORTATTI & PROBST, 1998).

Tabela 3. Concentrações de elementos-traço dissolvidos em alguns rios do mundo.

Rios	Elementos-traço ($\mu\text{g.L}^{-1}$)			
	Cádmio	Cobre	Chumbo	Zinco
Da costa leste dos EUA	0,011	0,011	0,023	0,85
Mississipi	0,013	1,5	-	0,2
Yangtzé	0,001	1,1 – 1,3	-	0,04 – 0,08
Amazonas	0,007	1,5	-	0,02 – 0,25
Orinoco	0,004	1,2	-	0,13

Fonte: Adaptado de Guilherme et al, 2005.

Este aumento pode estar relacionado ainda às fontes antropogênicas, sendo que as principais para os sistemas aquáticos são os efluentes domésticos (especialmente para As, Cr, Cu, Mn e Ni), a queima de carvão para geração de energia (principalmente para As, Hg e Se), a fundição de metais não ferrosos (Cd, Ni, Pb e Se), a fabricação de ferro e aço (Cr, Mo, Sb e Zn), o descarte do lodo de esgoto (As, Pb e Mn) e a deposição atmosférica (Pb e V). Alguns insumos agrícolas e subprodutos usados como fertilizantes e corretivos (calcário, escórias, esterco, lodo de esgoto) também podem contribuir para este incremento de metais no solo e na água, mas sua participação é bem menor e o efeito poderá demorar décadas para se manifestar (ESTEVEZ, 1998; RAMALHO et al, 2000).

5. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

5.1. Hidrografia

O principal curso d'água da região de Porto Velho é o rio Madeira, formado pela confluência dos rios Beni e Mamoré. A cidade de Porto Velho é banhada por igarapés, afluentes da margem direita do rio Madeira, dos quais se destacam o Bate-Estacas, Belmont, Tanques, Grande e Periquitos (CPRM, 1999). Alguns destes, porém, encontram-se descaracterizados pela terraplanagem e arruamentos, que já causou o desaparecimento de parte de seus canais de drenagem (CPRM, 1997).

A bacia do igarapé Bate-Estacas abrange uma área de aproximadamente 113 km² e uma extensão linear do igarapé principal de 18.000 metros (Castro Neto et al, 1999). O igarapé dos Tanques abrange aproximadamente 23,45 Km², percorrendo uma distância de 10.800 metros de extensão (Souza, 2006). Estes, juntamente com os igarapés Grande e Belmont têm suas nascentes localizadas na área urbana e deságuam no rio Madeira. A nascente do igarapé Vitória situa-se na área rural e o mesmo também deságua no rio Madeira. Já o igarapé Periquitos tem sua nascente localizada na área urbana periférica da cidade desaguando, porém, no rio Candeias.

5.2. Clima

O estado de Rondônia apresenta um clima tropical quente e úmido, com altas temperaturas durante todo o ano. A média anual da temperatura do ar gira em torno de 24°C e 26°C. As temperaturas máximas oscilam entre 30°C e 34°C e as mínimas variam entre 17°C e 23°C. A precipitação média anual varia de 1.400 a 2.500mm/ano e mais de 90% desta ocorre na estação chuvosa. A média anual da umidade relativa do ar varia de 80% a 90% no verão, e em torno de 75%, no outono – inverno (SEDAM, 2002).

O período sazonal é marcado por duas estações distintas: A chuvosa tem duração de 8 a 9 meses, ocorrendo entre os meses de outubro a abril. Os meses de dezembro a março apresentam índices pluviométricos acima de 300 mm, enquanto os meses de maio e setembro apresentam características intermediárias quanto à temperatura do ar, umidade relativa, nebulosidade e precipitação. A estação mais seca tem um período de duração de 3 a 4 meses e ocorre de junho a agosto, apresentando o menor índice pluviométrico e a maior amplitude

térmica (SEDAM, op cit).

5.3. Geologia

O contexto geológico da área de estudo é representado predominantemente por coberturas cenozóicas, constituídas por sedimentos fluviais, colúvio-aluviais e flúvio-lacustres, além de lateritos imaturos. Secundariamente, identificam-se rochas intrusivas graníticas tipo Serra da Providência (KREBS et al, 1999).

O mapa geológico gerado neste trabalho tem como base os dados geocronológicos publicados no Programa Geologia do Brasil – Geologia e Recursos Minerais do Estado de Rondônia (CPRM, 2007). Conforme observado na figura 4, as principais unidades geológicas predominantes na área são:

- Coberturas sedimentares indiferenciadas (NQi): Da era Cenozóica, são caracterizadas por depósitos de areia, silte, argila ou cascalho; restos de materiais lateríticos (horizontes mosqueado e argiloso, além de restos de crosta laterítica ferruginosa); sedimentos aluvionares, coluvionares e eluvionares indiferenciados, recobertos por solos.
- Coberturas detrito-lateríticas (NQdl): Depósitos argilo-arenosos e síltico-arenosos, ricos em concreções ferruginosas, crosta laterítica ferruginosa, concrecionária ou colunar, além de materiais coluvionares e eluvionares ricos em detritos lateríticos e fragmentos de quartzo.
- Q2A: Depósitos arenosos, siltosos e argilosos, com níveis de cascalho (ambiente fluvial) (CPRM, 2007).
- Suíte Intrusiva Serra da Providência (MP1yp): Granito rapakivi (anfíbólio, biotita monzogranito, biotita sienogranito), charnockito, mangerito e rochas máficas associadas, com trama variando de isotrópica a foliada (foliação de fluxo magmático e milonítica).
- Terraços Fluviais (Q1t): sedimentos arenosos e siltosos, cascalhos inconsolidados, ferruginizados ou não, com níveis de matéria orgânica, orientados a partir de sistema fluvial meandrante.
- Suíte Intrusiva Santo Antônio (MP2γsa): biotita monzogranito, sienogranito com textura rapakivi e anti-rapakivi, quartzo-monzonito, pegmatito e aplito subordinados, com diques de diabásio contemporâneos.

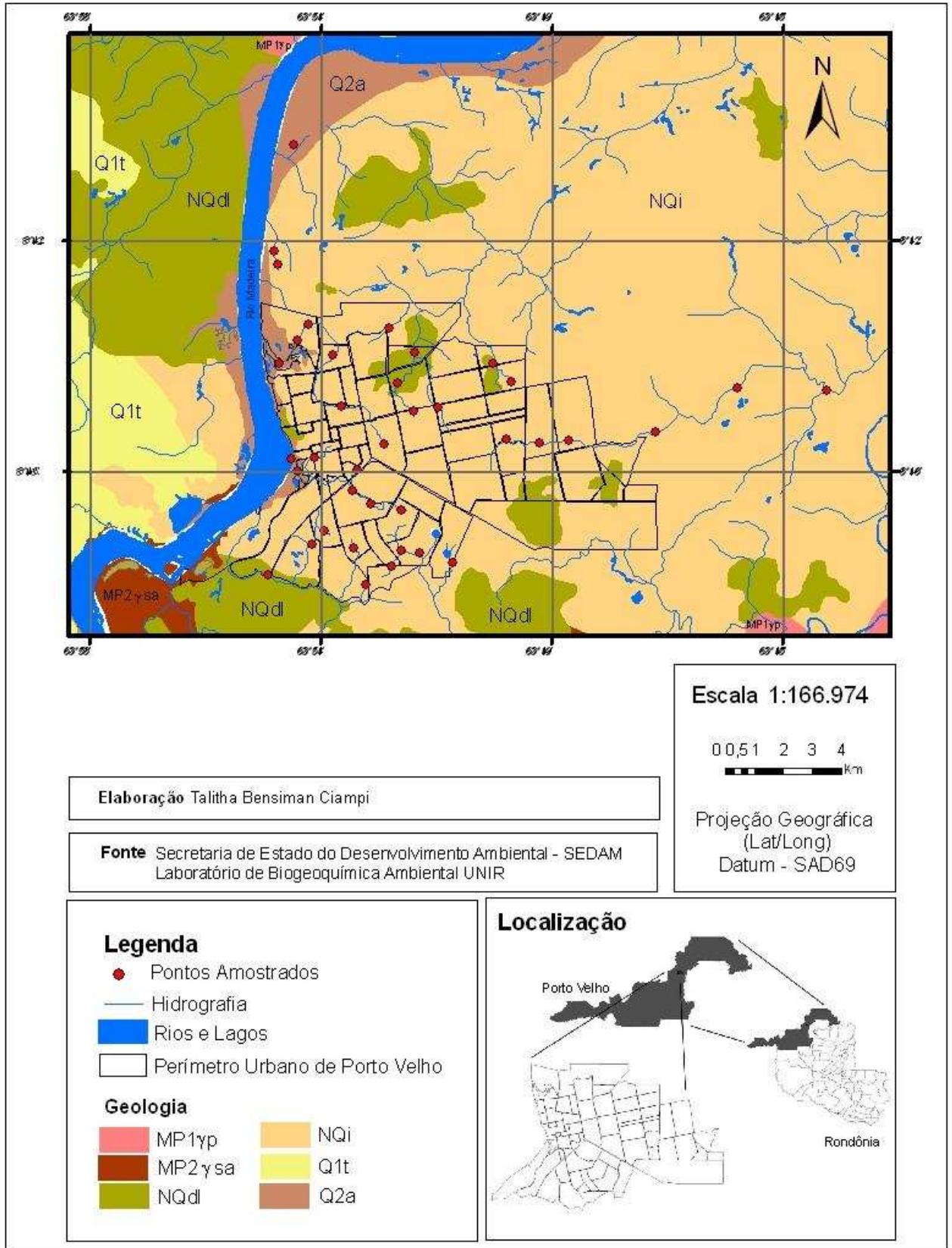


Figura 4. Mapa geológico da área de estudo.

5.4. Vegetação

Os principais tipos de vegetação ocorrentes no município são Floresta Ombrófila Aberta Submontana, Floresta Ombrófila Aberta das Terras Baixas e contato Savana/Floresta Ombrófila (Figura 5).

A floresta Ombrófila Aberta Submontana é caracterizada por apresentar um dossel bem distinto, com indivíduos emergentes e sub-bosque estratificado, ocorrendo principalmente sobre latossolos e argissolos (solos antigos, rasos, fortemente intemperizados, com afloramento de rochas, seixos superficiais e lateritas de idades variadas desde o quaternário, predominando no terciário até o pré-cambriano). Este tipo de floresta possui indivíduos emergentes ao dossel, podendo estar associadas a palmeiras e cipós (GOMES, 2005).

Na Floresta Ombrófila Aberta há uma quantidade de plantas sarmentosas que envolvem os poucos indivíduos de grande porte da comunidade, transformando-os em “torres de cipó”. Outra característica é o emaranhado de lianas em todos os estratos da floresta, o que dificulta a interferência humana. A Floresta Ombrófila Aberta das Terras Baixas é uma formação compreendida entre o paralelo 4° de latitude Norte e 16° de latitude Sul, em altitudes que variam de 5 a 100 m, apresentando predominância de faciação com palmeiras (IBGE, 1992).

Segundo Krebs et al (1999), a dinâmica de ação antrópica exercida sobre o município de Porto Velho nos últimos doze anos, resultou em profunda modificação da paisagem, transformando extensas porções originalmente cobertas por mata nativa em áreas de pastagem ou capoeira. No entorno da cidade, principalmente ao longo de seus eixos estruturadores (BR 364 e outras rodovias), ocorre hoje forte pressão para ocupação urbana.

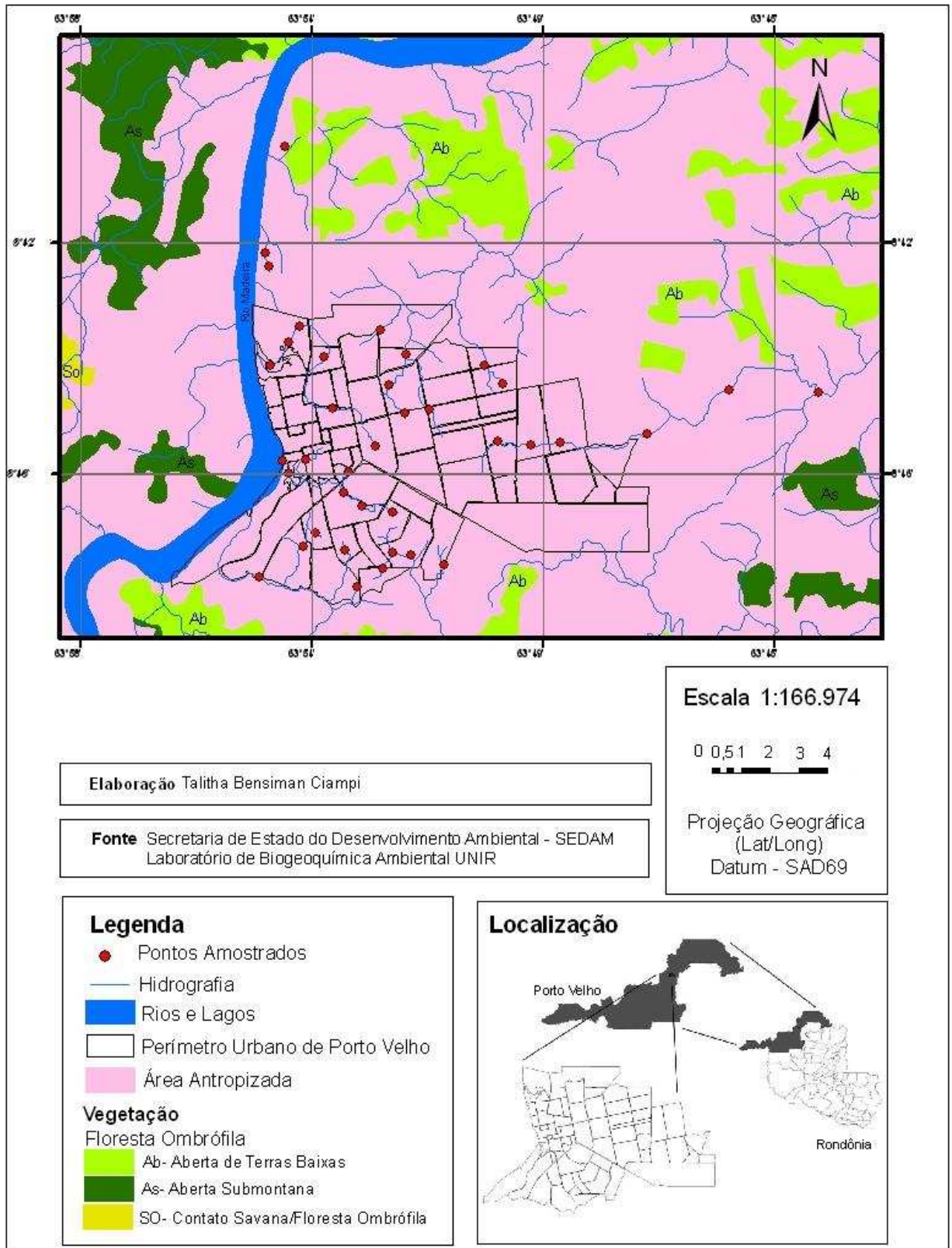


Figura 5: Mapa de vegetação da área de estudo.

5.5. Solos

Os Latossolos são predominantes no município de Porto Velho e são caracterizados por serem bem intemperizados, ou seja, bem desenvolvidos, apresentando as seguintes características: solos profundos (1 a 2 metros) ou muito profundos (mais de 2 metros), bem drenados (a água infiltra com facilidade, não havendo encharcamento), apresenta pouca diferenciação de cor e textura em suas camadas (horizontes) superficiais e subsuperficiais, boa resistência aos processos erosivos e geralmente ácidos (baixa fertilidade natural). Além disso, são subdivididos através da cor que, indiretamente, informa o teor de óxido de ferro presente no solo (EMBRAPA, 1999).

Na área de estudo verificam-se as seguintes subordens (Figura 6): Latossolos Vermelho-Amarelos (coloração vermelho-amarelo, teor de ferro intermediário) e Latossolos Amarelos (coloração bruno-amarelado, baixo teor de ferro) (SEDAM, 2002).

Os Latossolos Vermelho-Amarelos Distróficos são os mais freqüentes na área, sendo geralmente pobres, ácidos, álicos e distróficos. Em seguida vêm os Latossolos Amarelos Distróficos que se caracterizam por altos conteúdos de caolinita e hidróxidos de alumínio. São solos pobres em nutrientes, de baixa fertilidade, bastante ácidos, ricos em nódulos lateríticos e geralmente distróficos e álicos (KREBS et al., 1999; GOMES, 2005).

Outra classe presente na região é a do Gleyssolo, que tem seu nome originado da cor cinza (gray em inglês) formada devido aos processos de redução influenciado pelo lençol freático que satura o solo com água (inundando) por determinado período do ano. Os Gleyssolos geralmente têm textura argilosa, baixa fertilidade natural, são mal drenados e ocorrem em relevo plano (SEDAM, 2002).

Krebs et al. (1999), enfatizam que esse tipo de solo ocorre em regiões com excesso de água temporal ou permanente como ao longo da planície aluvial do rio Madeira e que, freqüentemente, são utilizados para a implantação de culturas perenes ou de subsistência, favorecidas pelo teor elevado de matéria orgânica e pelo material inconsolidado e úmido.

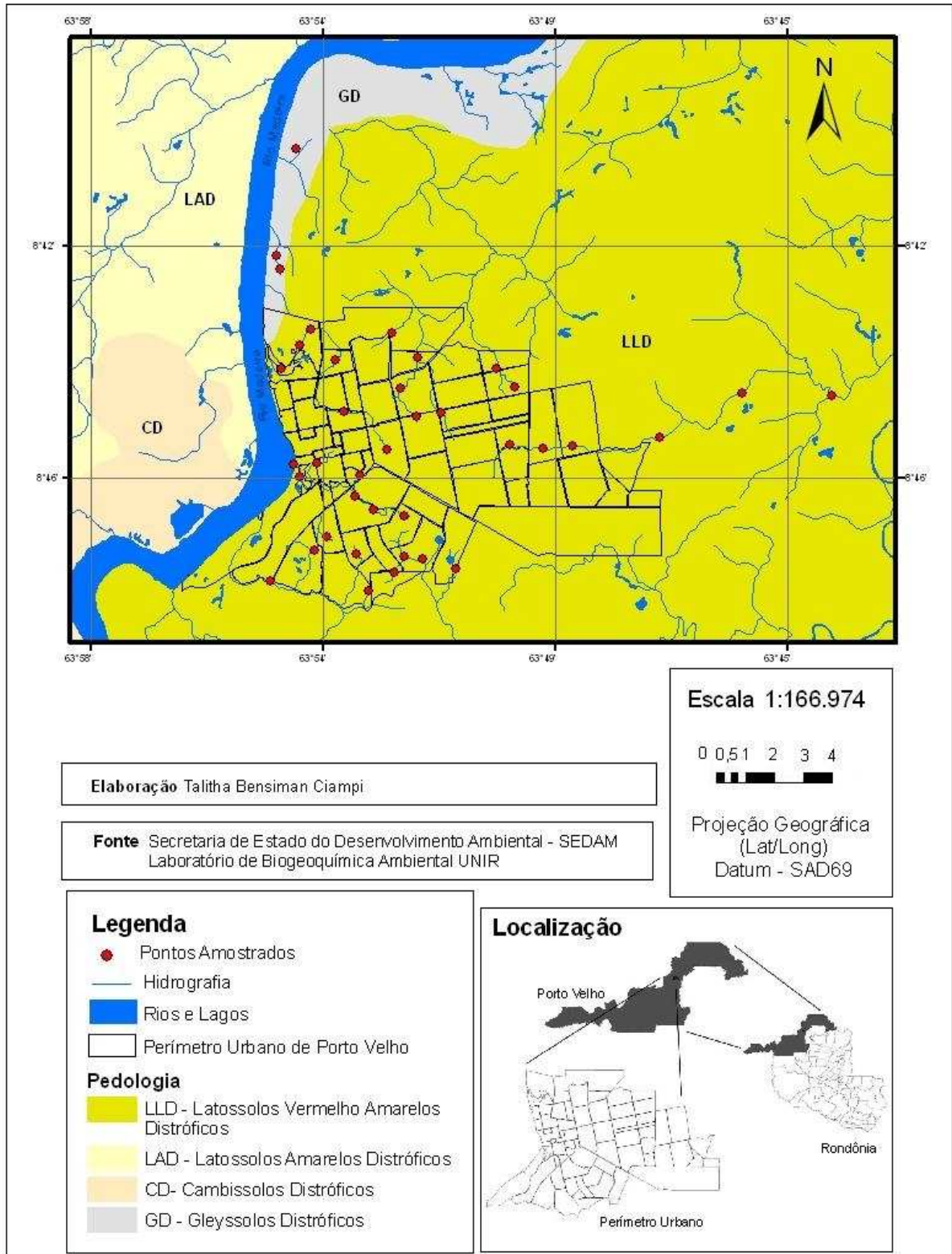


Figura 6: Mapa de pedologia da área de estudo.

5.6. População residente às margens das microbacias estudadas

Ao se estudar possíveis impactos antropogênicos em microbacias urbanas, é importante utilizar dados demográficos e de serviços de infra-estrutura concernentes à população que abrange o entorno das mesmas, principalmente no tocante à questão de saneamento básico, uma vez que autores como Lemes (2001) e Bollmann & Marques (2007), atribuem a estes fatores o aumento de nutrientes e a consequente degradação nos sistemas hídricos urbanos. A tabela 4 apresenta os bairros pertencentes às microbacias dos igarapés Belmont, Tanques, Bate-Estacas e Grande e seus respectivos contingentes populacionais. Nas tabelas 5, 6 e 7 podem ser visualizados os dados de infra-estrutura nestas microbacias.

É válido ressaltar que os números aqui apresentados não representam a atual situação destes bairros, pois se referem aos dados do Censo Demográfico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) de 2000. Nesta época a população de Porto Velho equivalia a 315.653 habitantes, havendo um aumento para 369.345 habitantes segundo o recenseamento de 2007 (IBGE, 2007).

Não são apresentados dados referentes aos igarapés Vitória e Periquitos (área rural) por que o IBGE apresenta os dados relativos à área rural de uma maneira geral, não sendo possível fazer distinção quanto às zonas referentes a cada uma das microbacias.

Tabela 4. Bairros, população residente e número de domicílios localizados em cada uma das microbacias do perímetro urbano de Porto Velho – RO.

Referente à população da microbacia do:	Bairros	População residente	Total de domicílios permanentes
Belmont	Flodoaldo	9979	2487
	Teixeirão	5086	1222
	Escola de Polícia	4457	1114
	Aponiã	12137	3225
	Planalto	236	53
	Rio Madeira	2278	641
	Agenor de Cuniã	11184	2908
	Cuniã	5131	1324
	Igarapé	8830	2180
	Industrial	454	121
	Total	59772	15275
Tanques	Nova Porto	9894	2675
	Pedrinhas	3669	949
	Embratel	10365	2757
	São Cristóvão	4322	1231
	Liberdade	5462	1401
	Olaria	3987	1132
	São João Bosco	6289	1676
	Costa e Silva	3255	757
	Nacional	6826	1524
	São Sebastião	6603	1486
	Total	60672	15588
Bate-Estacas	Eletronorte	4191	1014
	Areia Branca	1228	259
	Aeroclube	1287	363
	Castanheira	10268	2567
	Caladinho	10674	2608
	Cidade do Lobo	3764	912
	Novo Horizonte	12313	2977
	Total	43725	10700
	Grande	Tucumanzal	2496
Floresta		6407	1595
Cohab Floresta		11612	2896
Roque		2337	579
Nova Floresta		9329	2317
Areal		5688	1477
Tupy		995	235
Mocambo		1014	258
Baixa da união		2537	621
Mato Grosso		2388	623
Santa Bárbara		1254	343
Total	46057	11533	
Periquitos (urbano)	Tancredo Neves	9795	2247
	Juscelino	9536	2283
	Mariana	5482	--
	Socialista	5597	--
	Total	30410	

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, 2000.

Tabela 5. Tipo de esgotamento sanitário relativo ao número total de domicílios permanentes localizados nas microbacias do perímetro urbano de Porto Velho – RO, expresso em porcentagem.

Igarapés	Rede Geral de esgoto ou pluvial	Fossa séptica	Fossa rudimentar	Vala	Rio, lago, igarapé	Outro
Belmont	7,65	63,50	27,04	1,19	0,08	0,51
Tanques	20,75	50,96	20,25	5,65	2,02	0,34
Bate-Estacas	4,07	66,54	27,16	1,60	0,05	0,54
Grande	6,90	64,28	18,18	7,31	1,68	1,61

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, 2000.

Tabela 6. Forma de destinação final de lixo relativa ao número total de domicílios permanentes localizados nas microbacias do perímetro urbano de Porto Velho – RO, expresso em porcentagem.

Igarapés	Coletado por serviço de limpeza	Queimado	Enterrado	Jogado em terreno baldio ou logradouro	Jogado em rio, lago, igarapé	Outro destino
Belmont	91,67	6,06	0,17	1,67	0,13	0,28
Tanques	89,11	5,40	0,25	2,30	1,02	1,90
Bate-Estacas	93,31	4,38	0,30	1,70	0,19	0,09
Grande	96,27	6,85	0,11	5,71	1,51	1,61

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, 2000.

Tabela 7. Tipo de abastecimento de água relativo ao número total de domicílios permanentes localizados nas microbacias do perímetro urbano de Porto Velho – RO, expresso em porcentagem.

Igarapé	Rede Geral (Caerd)	Poço ou nascente	Outra
Belmont	38,18	59,47	2,34
Tanques	60,77	30,42	2,38
Bate-Estacas	9,42	85,95	4,62
Grande	56,65	52,01	3,42

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, 2000.

6. MATERIAL E MÉTODOS

6.1. Delineamento amostral

Para a elaboração do delineamento amostral foi utilizado o mapa de divisão geopolítica da Secretaria Municipal de Planejamento e Coordenação (SEMPLA) - Prefeitura do Município de Porto Velho. Os critérios utilizados para a escolha dos pontos amostrais foi o fato destes estarem inseridos na mancha urbana do município e a acessibilidade aos locais de coleta. Porém, também foram estabelecidos pontos fora do perímetro urbano, para posterior comparação dos resultados entre zona urbana e zona rural. Os 38 locais amostrados nos igarapés localizados na zona urbana e em áreas rurais foram selecionados de maneira que houvesse uma boa distribuição dos mesmos em toda a rede hídrica da cidade, conforme é apresentado na figura 7.

6.2. Georreferenciamento

Todos os pontos foram georreferenciados a partir de um aparelho receptor de GPS (Global Position System) Garmin's[®], mod. gps 12 XL Personal Navigator[™].

Para que fosse possível obter uma maior precisão quanto à marcação dos locais de amostragem, foram obtidas também as coordenadas geodésicas. Utilizou-se o ponto georreferenciado do Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM) como referencial na cidade de Porto Velho, com latitude 08°44'25,99560" e longitude 63°54'11,69925". Foram utilizadas também as coordenadas geográficas do ponto da Universidade Federal de Rondônia (UNIR) para calibrar os equipamentos de GPS, com latitude 08°50'12,68430" e longitude 63°56'17,61600".

A tabela 8 expõe as coordenadas geográficas obtidas nos pontos de coleta. As siglas utilizadas após a numeração dos códigos de campo, referem-se à abreviação do nome do igarapé equivalente a cada ponto, conforme especificado na mesma tabela. Por exemplo, P1VIT – Ponto 1, referente ao igarapé Vitória; P4TAN – Ponto 4, referente ao igarapé Tanques; P7PRU – Ponto 7, referente ao igarapé Periquitos/urbano, e assim por diante.

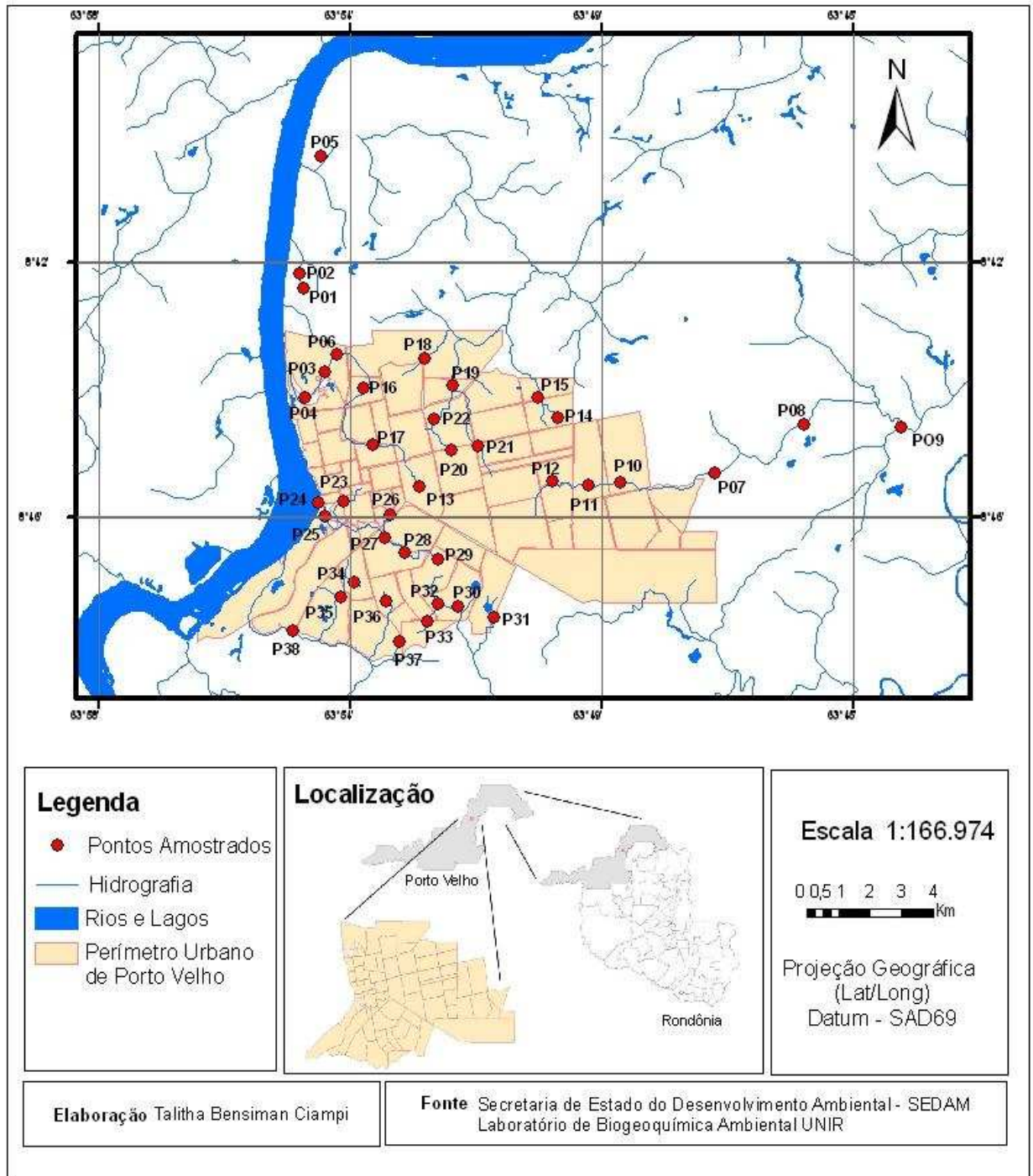


Figura 7. Desenho amostral da área de estudo evidenciando os pontos de coleta.

Tabela 8: Coordenadas geográficas de localização dos pontos amostrados.

PONTOS	LATITUDE	LONGITUDE	IGARAPÉ	LOCALIDADE - Próximo à rua:
P1VIT	08°42'26,4"	63°54'49,8"	Vitória	Ramal Gideão
P2VIT	08°42'11,4"	63°54'54,5"	Vitória	Ramal Gideão
P3TAN	08°43'55,8"	63°54'27,8"	Tanques	Vanuatu
P4TAN	08°44'22,6"	63°54'48,3"	Tanques	Farquar
P5VIT	08°40'07,2"	63°54'31,9"	Vitória	Estrada do Belmont
P6TAN	08°43'37,4"	63°54'14,4"	Tanques	Lauro Sodré
P7PRU	08°45'43,0"	63°47'29,0"	Periquitos/rural	Estrada dos Periquitos
P8PRU	08°44'52,0"	63°45'53,0"	Periquitos/rural	Estrada dos Periquitos
P9PRU	08°44'55,0"	63°44'08,0"	Periquitos/rural	Estrada dos Periquitos
P10PUB	08°45'52,0"	63°49'10,0"	Periquitos/urbano	Petrolina
P11PUB	08°45'55,0"	63°49'47,0"	Periquitos/urbano	Canindé
P12PUB	08°45'51,0"	63°50'23,0"	Periquitos/urbano	Idalva Fraga Moreira
P13TAN	08°45'58,0"	63°52'46,0"	Tanques	R. Cantuária com Venezuela
P14BEL	08°44'45,0"	63°50'17,0"	Belmont	Djanira
P15BEL	08°44'23,0"	63°50'38,0"	Belmont	Calama
P16TAN	08°44'13,3"	63°53'45,9"	Tanques	Beira Rio
P17TAN	08°45'13,2"	63°53'35,1"	Tanques	João Goulart e Herbert de Azevedo
P18BEL	08°43'41,1"	63°52'39,8"	Belmont	Castelo Branco
P19BEL	08°44'10,1"	63°52'09,5"	Belmont	Avenida dos Imigrantes
P20BEL	08°45'19,2"	63°52'12,3"	Belmont	Vieira Caúla
P21BEL	08°45'14,2"	63°51'42,9"	Belmont	Guaporé
P22BEL	08°44'45,9"	63°52'29,4"	Belmont	Do Contorno
P23GRA	08°46'19,8"	63°54'12,7"	Grande	13 de Setembro com Jacy Paraná
P24GRA	08°46'14,6"	63°54'33,7"	Grande	Próximo ao Rio Madeira
P25GRA	08°46'29,2"	63°54'26,7"	Grande	Alexandre Guimarães
P26GRA	08°46'26,8"	63°53'16,7"	Grande	Guanabara
P27GRA	08°46'51,6"	63°53'22,6"	Grande	Recife
P28GRA	08°47'07,7"	63°53'01,3"	Grande	Três e meio
P29GRA	08°47'14,2"	63°52'25,6"	Grande	Arruda
P30BAT	08°48'04,8"	63°52'04,3"	Bate-Estacas	Bandonion
P31 BAT	08°48'16,0"	63°51'24,8"	Bate-Estacas	Monte Claro
P32 BAT	08°48'02,3"	63°52'26,0"	Bate-Estacas	Barra Velha
P33 BAT	08°48'20,6"	63°52'37,1"	Bate-Estacas	Nova Esperança
P34 BAT	08°47'38,3"	63°53'55,4"	Bate-Estacas	Fernando de Noronha
P35 BAT	08°47'54,0"	63°54'10,7"	Bate-Estacas	Beco do Cacau
P36 BAT	08°47'59,2"	63°53'21,0"	Bate-Estacas	Rio Grande do Sul
P37 BAT	08°48'41,6"	63°53'07,2"	Bate-Estacas	Monique
P38 BAT	08°48'30,9"	63°55'01,6"	Bate-Estacas	BR 364

6.3. Coleta e preservação das amostras

As coletas de água foram realizadas do dia 09 a 30 de outubro de 2007, referente ao final do período de seca e nos dias 16 e 17 de abril de 2008, final do período chuvoso. A figura 8 apresenta os índices pluviométricos concernentes aos dois períodos amostrais. Os 38 pontos foram distribuídos nos principais igarapés da cidade da seguinte maneira: Vitória (área rural: 3 pontos); Tanques (área urbana: 6 pontos), Bate-Estacas (área urbana: 9 pontos), Grande (área urbana: 6 pontos); Belmont (área urbana: 7 pontos); e Periquitos (área urbana: 3 pontos e área rural: 3 pontos) (Figuras 9 a 12).

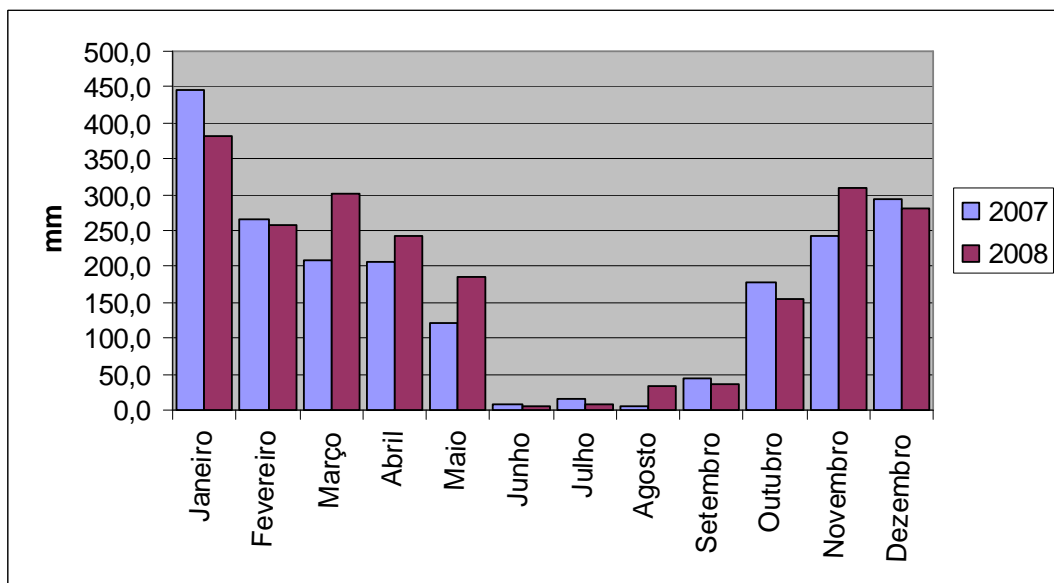


Figura 8. Índices de precipitação referentes ao ano de 2007 e 2008.

Fonte: Secretaria de estado do desenvolvimento ambiental – SEDAM, 2009.



Figura 9. Igarapé Vitória, ponto situado na área rural de Porto Velho – RO.



Figura 10. Igarapé dos Tanques, trecho localizado na área urbana central de Porto Velho – RO.



Figura 11. Igarapé Santa Bárbara, ponto situado na área urbana central de Porto Velho – RO, próximo à foz no rio Madeira.



Figura 12. Igarapé Periquitos, trecho localizado na área urbana de Porto Velho – RO.

Em todos os locais selecionados foram medidos *in loco* os parâmetros físico-químicos da água como pH, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido e temperatura através da

utilização de pHmetro (Schott – handylab1), condutivímetro (Schott – hand-held conductivity meter-handylab) e oxímetro (Schott – dissolved oxygen meter-handylab ox1) (Figura 13).

Para a determinação de elementos-traço, as amostras de água foram coletadas em frascos de polietileno de 5 litros previamente descontaminados durante 24h em solução de ácido nítrico (HNO_3) a 5% e enxaguados com água ultrapura (Milli-Q 18.2M Ω Millipore). Foram adicionados 10 mL de ácido nítrico (HNO_3 65%) com a finalidade de preservação da amostra (CETESB, 1987).

Para a análise de DQO e de nutrientes, foram coletadas duas alíquotas de água em garrafas de polietileno de 500 mL descontaminadas previamente durante 24h em solução de ácido clorídrico (HCl) a 3%.

Foram utilizados ainda frascos esterilizados de vidro âmbar de 100 mL para a análise de coliformes totais, sendo armazenados (em campo) em caixa de isopor contendo gelo para preservação das amostras.



Figura 13: Medição dos parâmetros físico-químicos, utilizando os aparelhos oxímetro, condutivímetro e pHmetro.

6.4. Análises de Elementos-traço

No processo de extração química para determinação de elementos-traço, um volume de 1500 mL foi pré-concentrado por evaporação em chapa quente até cerca de 3 mL, acidificando com cerca de 10 mL de ácido nítrico (HNO_3 65%). Posteriormente a ressuspensão foi realizada com uso de 10 mL de ácido clorídrico (HCl 37%), repetida por duas vezes. Após essa etapa, foram adicionados 20 mL de ácido clorídrico (HCl 0,1N) deixando-se evaporar até cerca de 10 mL. A solução final foi filtrada em papel quantitativo (Whatman 44) e acondicionada em tubos de teflon, aferindo um volume final de 14 mL com

HCl 0,1N. A metodologia utilizada foi a proposta pela APHA (1998), conforme citado por autores como Guedes et al (2005) e Silvano & Raya-Rodriguez (2003).

Para a quantificação das concentrações de elementos-traço foi utilizado o Espectrofotômetro de Absorção Atômica por Chama – GBC Avanta (Figura 14).



Figura 14. Análise das amostras no Espectrofotômetro de Absorção Atômica por chama.

6.5. Coliformes

Foi utilizada a técnica de membrana filtrante e o meio de cultura CHROMOCULT COLIFORM AGAR- (MERCK) por ser um meio simples, econômico e por apresentar resultados rápidos e precisos. A metodologia, proposta pela CETESB (2007), é descrita a seguir:

No laboratório foi retirado 1 mL da amostra, aferindo a mesma a 100 mL com água Milli-Q, passando em seguida pelo processo de filtração da amostra através de membrana filtrante de acetato de celulose (Millipore), de 0,45 μm de porosidade.

Em seguida, as membranas foram colocadas sobre o meio de cultura Chromocult. As placas de ágar Chromocult foram incubadas a 37°C por 24h, observando-se a presença de coliformes não fecais (colônias rosas) e de coliformes fecais (colônias azuis), expressando-se o resultado em Unidade Formadora de Colônia (UFC/100ml) por amostra.

A partir da contagem destas colônias foi calculada a densidade de coliformes presentes na amostra (PRO-ANALISE, 2005). Os resultados de colônias foram multiplicados pela quantidade de diluição: $y \times 100 \text{ mL}$, onde y é o número de colônias.

Os resultados de coliformes totais foram obtidos através da soma de coliformes fecais e não fecais.

6.6. Demanda química de oxigênio (DQO)

Foi utilizada a metodologia descrita pela CETESB (1987). Em um erlenmeyer adicionou-se 50 mL da amostra de água bruta e 50 mL de água destilada. A cada análise também foram preparados um branco (100 mL de água destilada) como referência da coloração final e um padrão (90 mL de água destilada) para que fosse encontrada a concentração de permanganato de potássio (KMnO_4). Na amostra e no branco foram adicionados 10 mL de KMnO_4 0,02N (responsável pela oxidação da matéria orgânica) e 5 mL de ácido sulfúrico (H_2SO_4) 24%. No padrão adicionou-se apenas 5 mL de H_2SO_4 24%.

As amostras foram levadas à fervura em chapa-quente a 300°C , e posteriormente foram adicionados 10 mL de ácido oxálico 0,02N, responsável pelo consumo de KMnO_4 adicionado anteriormente. Em seguida, as amostras foram tituladas com KMnO_4 0,02N para que o ácido oxálico excedente fosse neutralizado, até a obtenção de uma coloração levemente rosada.

A quantidade de matéria orgânica oxidável expressa em equivalente em oxigênio, é proporcional a quantidade de KMnO_4 0,02N consumido na titulação, onde os valores foram obtidos através da fórmula:

a) Cálculo da normalidade do KMnO_4

$$N = \frac{10 \times 0,02}{\text{vol. KMnO}_4 \text{ (mL) gasto na titulação do Pd} \times (\text{vol. Pd} - \text{vol. Br})}$$

$$\text{vol. KMnO}_4 \text{ (mL) gasto na titulação do Pd} \times (\text{vol. Pd} - \text{vol. Br})$$

b) Cálculo da concentração de DQO

$$\text{DQO (mgO}_2\text{/L)} = \frac{\text{vol. KMnO}_4 \text{ (mL) gasto na titul. da amostra} \times N \times 8 \times 1.000}{\text{vol. da amostra (mL)}}$$

Onde: vol. KMnO_4 (mL) gasto na titulação = volume de permanganato de potássio gasto na titulação; N = normalidade do permanganato de potássio; 8 = massa molecular do O; 1.000 = correção para mg.L^{-1} ; Pd = padrão; Br = branco; Vol. da amostra = 50 mL

6.7. Nutrientes

As análises das concentrações de amônia, nitrito e fosfato inorgânico dissolvido foram realizadas com amostras de água previamente filtradas em filtros de fibra de vidro com

0,45 μ m de porosidade (Whatman AP-20). Apenas a análise de fosfato total foi realizada em amostras de água bruta.

Para cada análise realizada era feita uma curva de calibração com padrões nas concentrações de 5,00; 10,00; 20,00; 30,00; 50,00 e 100,00 μ g.L⁻¹. A tabela 9 apresenta os reagentes utilizados no preparo das soluções-estoque para cada um dos nutrientes analisados. As leituras das absorvâncias foram feitas com cubeta de 1cm³ de quartzo com a utilização de espectrofotômetro BEL Photonics 1105 (Modelo - SF: 325 NM).

Tabela 9. Reagentes utilizados para o preparo das soluções-estoque de amônia, nitrito, fosfato inorgânico dissolvido e fósforo total.

Amônia	3,8189 g de Cloreto de Amônia (NH ₄ Cl) diluídos em 1000 ml de H ₂ O deionizada.
Nitrito	0,6079 g de Nitrito de Potássio (KNO ₂) diluídos em 1000 ml de H ₂ O deionizada.
Fosfato inorgânico dissolvido e Fósforo total	0,4394g de Potássio Fosfato Monobásico (KH ₂ PO ₄) diluídos em 1000 ml de H ₂ O deionizada.

6.7.1. Amônia

Em tubos de ensaio foram adicionados 10mL das soluções padrões e das amostras de água filtrada. Em seguida foram adicionados 0,3 mL do reagente A (19,0g de fenol, 200mg de nitroprussiato de sódio em 500mL de água destilada) e 0,3 mL do reagente B (3,0 mL de hipoclorito em 100mL de hidróxido de sódio 0,5N). As amostras foram homogeneizadas, e após 3 horas foi feita a leitura no espectrofotômetro à 630nm.

Foi utilizado o método de Korolef (1976) *apud* Golterman et al (1978), onde em solução moderadamente alcalina (pH entre 8,0 a 11,5) o íon amônio sob forma ionizada (NH₄⁺) e não ionizada (NH₃⁺) reagem com o hipoclorito, formando a monocloramina (NH₂Cl). Este produto formado, em presença de fenol e um excesso de hipoclorito, catalisado por íons nitroprussiato, forma o azul de indo fenol. Sendo a absorvância resultante proporcional à concentração de amônia (NH₃+NH₄⁺) na água.

6.7.2. Fosfato inorgânico dissolvido ou ortofosfato (P orto)

Para a determinação do fosfato inorgânico dissolvido utilizou-se o método descrito em Golterman et al (1978).

Em tubos de ensaio adicionou-se 15 mL da amostra filtrada e das soluções padrão, seguido de 1,5 mL de reagente misto (solução de molibdato de amônio, H₂SO₄ 15%, solução de ácido ascórbico e solução de tartarato de antimônio e potássio). Após 20 minutos a leitura era realizada no espectrofotômetro a 882 nm.

O princípio do método baseia-se que em soluções fortemente ácidas (H₂SO₄ 15%) o ortofosfato fornecerá um complexo amarelo com íons molibdato (molibdato de amônio). Este pode então ser reduzido para um complexo azul altamente colorido. Sendo ácido ascórbico usado como redutor, a formação da cor azul é estimulada pelo antimônio.

6.7.3. Fósforo Total (P total)

Em tubos de ensaio foram adicionados 25 mL de água bruta (em duplicata), seguidos de 2,0 mL de solução saturada de persulfato de potássio (K₂S₂O₈). Posteriormente as amostras foram levadas à autoclave para digestão a temperatura de 120°C e 1 atm de pressão, para que ocorresse a liberação do fosfato orgânico como ortofosfato (PO₄³⁻). A partir daí seguiu-se a mesma metodologia utilizada para a determinação de fosfato dissolvido, descrita no item anterior.

6.7.4. Nitrito

Foi utilizado o método descrito em Golterman et al (1978). Em tubos de ensaio foram adicionados 15 mL de amostra filtrada (em duplicata) e das soluções padrões, seguidos de 1,0 mL de solução de sulfanilamida 1% (Figura 15). Em seguida foi adicionado 1,0 mL de solução alcoólica de n-naftil 0,1% e após 20 minutos a leitura foi realizada no espectrofotômetro num comprimento de onda de 543 nm.



Figura 15. Análise de nitrito nas amostras de água utilizando o método Colorimétrico.

6.8. Controle de qualidade

De acordo com BASTOS et al (1998), o principal problema de um laboratório é a contaminação de vidraria, frascos e reagentes. Devido isso, para o controle de qualidade do processo analítico, todas as amostras foram analisadas em duplicatas (com exceção de amônia, que foram analisadas em triplicatas) e acompanhadas de um branco controle, com o qual foi possível subtrair as contaminações do ambiente de trabalho e dos reagentes utilizados.

6.9. Análise dos dados

Após a obtenção dos resultados analíticos, estes foram digitados em planilhas Excel e a partir deles foram organizadas duas matrizes de dados, uma referente ao período de seca e outra referente ao período chuvoso. Para a realização da análise multivariada foram consideradas as variáveis físico-químicas (oxigênio dissolvido, pH, condutividade elétrica e temperatura do ar e da água, DQO) e as concentrações de coliformes totais e nutrientes. Foi realizada uma análise das componentes principais para cada um dos períodos sazonais, utilizando o software Statistica versão 7.

6.9.1. Gráficos Box-Plot

A partir da realização do teste de normalidade de Shapiro-Wilk, foi constatado que os dados físico-químicos e bacteriológicos não possuem distribuição normal ($p < 0,05$). Dessa forma, para representar o perfil espacial de cada parâmetro selecionado, ao longo do corpo de água, foram utilizadas representações gráficas do tipo Box-plot. Este método possibilita a visualização da assimetria da distribuição, a faixa de variação dos dados, além de permitir a detecção de possíveis pontos extremos, que podem ou não ser excluídos da análise.

As representações de Box-plot possibilitam ainda a visualização das seguintes grandezas estatísticas: a mediana (divide o conjunto de dados ao meio, deixando metade dos dados abaixo e metade acima dela), o máximo, o mínimo, o 1º quartil (é o valor que deixa $\frac{1}{4}$ das observações abaixo dele), o 3º quartil (é o valor que deixa $\frac{3}{4}$ das observações abaixo dele) e os valores extremos da distribuição dos dados. Os pontos extremos podem indicar erros de amostragem, de medida e, mesmo, de transcrição dos dados, ou ainda, simplesmente, um comportamento fora do habitual (Villa, 2005).

6.9.2. Análise de agrupamentos

A análise de agrupamentos, também conhecida como análise de conglomerados, classificação ou *cluster*, tem como objetivo dividir os elementos da amostra, ou população, em grupos de forma que os elementos pertencentes a um mesmo grupo sejam similares entre si com respeito às variáveis (características) que neles foram medidas, e os elementos em grupos diferentes sejam heterogêneos em relação a estas mesmas características (MINGOTI, 2005).

Para verificar a similaridade entre as microbacias estudadas quanto aos dados de infraestrutura, foi utilizada a técnica de dendograma empregando o método da Distância de Minkowsky, conhecida também como *city-block* ou *Manhattan* (MINGOTI, 2005).

6.9.3. Coeficiente de correlação de Spearman

O coeficiente de correlação de Spearman exige que as variáveis tenham sido medidas pelo menos em escala ordinal, para que os valores possam ser ordenados. Este coeficiente, indicado por r_s quando calculado em uma amostra, pode também ser empregado quando variáveis quantitativas não satisfazem as exigências para o teste do coeficiente de Pearson (r), como distribuição bivariada normal e quando há medidas abaixo do limite de detecção, onde não existe uma representação numérica para aquela variável (CALLEGARI-JACQUES, 2004).

O coeficiente de Spearman varia entre -1 (correlação perfeita negativa) e +1 (correlação perfeita positiva), passando pelo valor 0 (ausência de correlação), da mesma forma que o coeficiente r de Pearson. A técnica não-paramétrica de Spearman apresenta a vantagem de poder ser aplicada às variáveis de distribuições assimétricas (CALLEGARI-JACQUES, 2004).

6.9.4. Análise multivariada das componentes principais

A análise das componentes principais (ACP) consiste numa transformação linear de todas as variáveis originais em novas variáveis, de tal modo que a primeira nova variável computada seja responsável pela maior parte da variação possível existente no conjunto de dados, a segunda pela maior variação possível restante, e assim por diante até que toda a variação do conjunto tenha sido explicada (VILLA, 2005).

A transformação linear das variáveis originais em novas variáveis é feita de tal modo que a primeira nova variável computada seja responsável pela maior variação possível existente no conjunto de dados, a segunda pela maior variação possível restante e assim por diante, até que toda a variação do conjunto tenha sido explicada.

A análise é feita pelo cálculo dos autovalores e correspondentes autovetores de uma matriz de variâncias-covariâncias ou de uma matriz de coeficientes de correlação entre as variáveis. Os autovetores correspondem às componentes principais e são o resultado dos pesos das variáveis originais em cada um deles.

A matriz de pesos de cada variável na componente principal (CP), ao ser multiplicada pela matriz de dados originais, fornecerá a matriz de contagens (scores) de cada caso em relação às CPs. Dispostos em um diagrama de dispersão, em que os eixos são as duas CPs mais importantes, estes valores poderão mostrar o relacionamento entre os casos, condicionados pelas variáveis medidas (VILLA, 2005; MINGOTI, 2005).

A análise de componentes principais é, portanto, uma técnica de transformação dos dados. Cada variável medida pode ser considerada como um eixo de variabilidade, estando usualmente correlacionada com outras variáveis. Esta análise transforma os dados de tal modo a descrever a mesma variabilidade total existente, com o mesmo número de eixos originais, porém não mais correlacionados entre si (LANDIM, 1998).

7. RESULTADOS E DISCUSSÃO

7.1. Parâmetros físico-químicos

A descrição dos parâmetros físico-químicos referente aos igarapés estudados nos períodos de seca e cheia, é exibida em forma de tabela e gráficos Box Plot. Vale salientar que tanto para as análises descritivas, como para a análise das componentes principais (ACP), foram desconsiderados os pontos P5VIT, P24GRA, P33BAT e P36BAT, pois os mesmos foram amostrados apenas no período seco por questões de inviabilidade de acesso aos locais no período de cheia. Alguns deles serão discutidos isoladamente e são apresentados na íntegra nos apêndices 1 e 3.

7.1.1. Temperatura do ar e da água

A variação da temperatura do ar foi menor no período chuvoso (22,60 – 30,30 °C) que no período de seca (26,20 a 40,50 °C). Os valores médios foram maiores no período de seca, sendo compatíveis com as temperaturas do ar naturalmente elevadas na região amazônica (SIVAM, 2007). Quanto à temperatura da água, suas variações são exibidas na tabela 10.

Tabela 10. Estatística descritiva da temperatura da água dos igarapés urbanos e rurais de Porto Velho.

Igarapé	Temperatura da água (°C) SECA				Temperatura da água (°C) CHEIA			
	Média	Mediana	Mín.	Máx.	Média	Mediana	Mín.	Máx.
Vitória	31,00	31,00	30,00	32,00	25,80	25,80	24,40	27,20
Tanques	28,83	28,70	27,60	30,30	27,63	27,60	26,30	28,70
Periquitos	26,13	26,10	26,00	26,30	26,00	25,90	25,90	26,20
Periquitos	31,97	33,30	29,30	33,30	27,10	27,10	26,80	27,40
Belmont	29,89	29,30	26,80	32,90	27,63	27,55	27,00	28,80
Grande	28,18	27,25	25,40	33,00	27,75	27,60	27,00	28,70
Bate-Estacas	29,35	29,30	27,50	31,00	27,90	28,00	26,00	28,90

As medianas da temperatura da água nos igarapés foram maiores no período de seca (exceção do igarapé Grande), sendo semelhante às temperaturas relatadas para sistemas hídricos amazônicos (SIOLI, 1964) (Figura 16).

A temperatura da água é uma das variáveis limnológicas mais afetadas pelas condições atmosféricas e depende, dentre outros fatores, da presença de mata ciliar ao

longo dos canais (WACHHOLZ & PEREIRA FILHO, 2005). No período de seca, a área rural do igarapé Periquitos apresentou as menores temperaturas, havendo uma diferença considerável entre as medianas da área rural deste igarapé, com as da área urbana nos dois períodos sazonais. Tal diferença pode ser atribuída à presença de mata ciliar mais preservada na zona rural, atenuando a influência das variáveis atmosféricas (menor recebimento de energia solar). Além disso, na zona urbana esse igarapé apresenta uma menor velocidade da corrente da água que aumenta o tempo de residência e de exposição da mesma à radiação solar, havendo conseqüentemente um aumento na temperatura.

A importância das zonas ripárias para a moderação da temperatura em corpos d'água é destacada por autores como Branco (1997) e Simões (2003). Silva et al (2008), que afirmam que os igarapés da Amazônia, caracterizados por possuírem baixa produtividade primária, necessitam da vegetação das margens como fonte de nutrientes para a manutenção da biota, para evitar o assoreamento do curso d'água e para impedir o aumento da temperatura aquática.

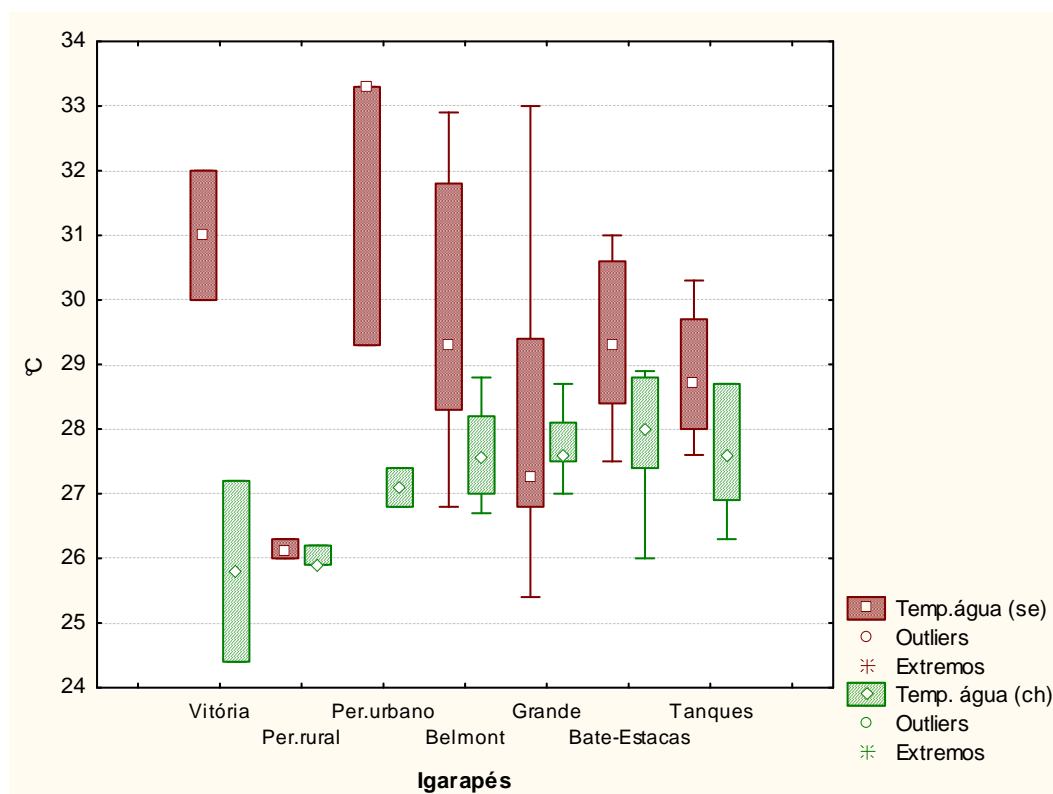


Figura 16. Variação da temperatura da água nos igarapés de Porto Velho – RO.

7.1.2. Oxigênio dissolvido

O oxigênio dissolvido (OD), uma das principais variáveis responsáveis pelo controle das reações metabólicas e biogeoquímicas nos sistemas aquáticos, só pôde ser medido no período seco devido à problemas técnicos. As menores concentrações foram detectadas nos pontos P13TAN, P14BEL, P15BEL, P17TAN, P32BAT e P36BAT (Figura 17).

Fatores observados em campo que podem implicar na redução do oxigênio dissolvido no meio aquático foram: a grande proliferação de macrófitas no P13TAN; a grande quantidade de óleos e graxas nos pontos P14BEL, P15BEL, P32BAT e P36BAT; e a existência de restos de animal em decomposição nas margens do P15BEL, onde foi encontrado o menor valor de OD ($0,10 \text{ mg.L}^{-1}$).

Foi registrada ainda a descarga de canos de esgotos e a presença de resíduos sólidos em todos os pontos supracitados (Figura 18). Segundo a Resolução CONAMA 357 de 2005, estes locais amostrados não se enquadram, sequer, nos critérios designados no Artigo 17 para águas de Classe 4, destinadas apenas à navegação e à harmonia paisagística. Tal artigo estabelece que os corpos d'água devem apresentar odor e aspecto não objetáveis e que materiais flutuantes devem estar virtualmente ausentes.

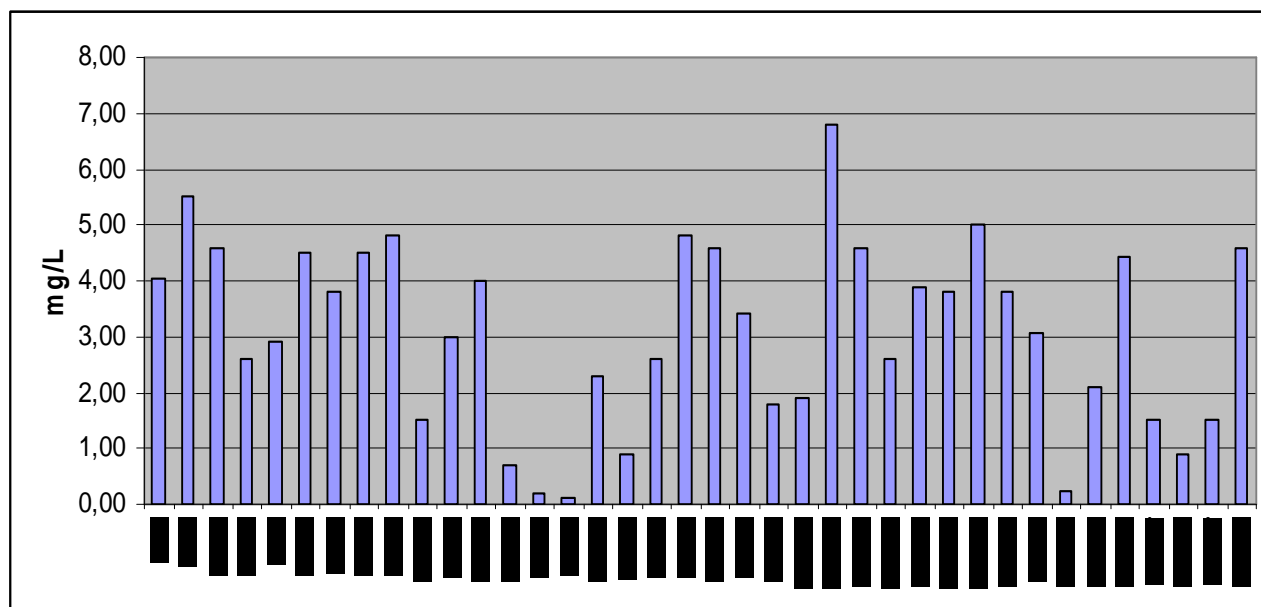


Figura 17. Variação de oxigênio dissolvido nos pontos coletados nos igarapés de Porto Velho – RO.



Figura 18. Presença de resíduos sólidos no igarapé dos Tanques.

Os baixos valores de oxigênio dissolvido podem ser atribuídos ao incremento da concentração de matéria orgânica, decorrente do despejo de efluentes domésticos nesses corpos d'água, que faz com que haja um aumento nas taxas de decomposição e no consumo de O_2 , conseqüentemente. Há ainda as temperaturas naturalmente elevadas da região amazônica associadas à ausência de cobertura vegetal, que favorecem um aumento na velocidade das reações químicas e contribuem para o decréscimo nas concentrações de oxigênio (ESTEVEES, 1998; CLETO FILHO, 2003).

Segundo Melo et al (2005), um sistema aquático que recebe esgotos *in natura* sofre alterações ecológicas decorrentes, na maioria das vezes, da eutrofização, diminuindo drasticamente a qualidade das águas e levando, principalmente, à acentuada redução do oxigênio dissolvido.

Os pontos P5VIT, P7PRU, P8PRU, P9PRU (utilizados para abastecimento doméstico, balneabilidade e pesca), P31BAT e P38BAT (utilizados para balneabilidade e pesca) estão abaixo de $5,0 \text{ mg.L}^{-1}$, valor mínimo de oxigênio dissolvido estabelecido para águas de Classe 2. Quando comparados às águas de Classe 4, 29% dos locais estudados apresentaram concentrações de oxigênio dissolvido inferiores a $2,0 \text{ mg.L}^{-1}$, valor mínimo proposto para essa classe (CONAMA, 2005).

Os igarapés da área rural (Vitória e Periquitos) apresentaram as maiores medianas de oxigênio dissolvido (Figura 19). No caso da parte rural do igarapé Periquitos, isso pode estar associado com a maior velocidade de corrente da água, presença de mata ciliar e com as baixas temperaturas medidas *in loco*. Esses fatores favorecem um

ambiente com águas mais oxigenadas e permitem que haja maior capacidade de autodepuração do corpo d'água.

A média de oxigênio dissolvido do igarapé Bate-Estacas ($2,73 \text{ mg.L}^{-1}$) foi menor que a encontrada por Castro Neto (1999) neste mesmo igarapé ($6,83 \text{ mg.L}^{-1}$). Este decréscimo pode ser um reflexo dos impactos causados ao meio hídrico em decorrência do aumento populacional às margens da microbacia, nesse período de aproximadamente dez anos.

O P24GRA, localizado na foz do igarapé Grande, apresentou o maior índice de oxigênio dissolvido ($6,80 \text{ mg.L}^{-1}$) por sofrer influência direta do rio Madeira, que proporciona uma maior oxigenação neste ponto devido à grande movimentação da massa d'água (apêndice 1).

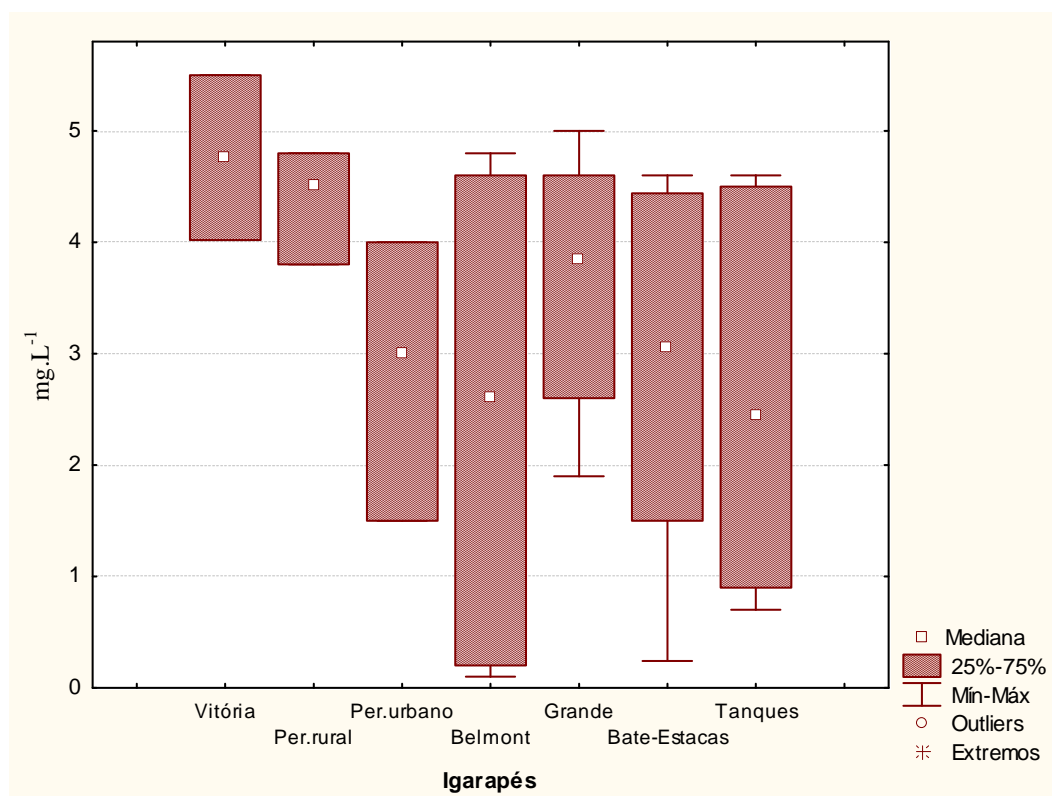


Figura 19. Concentrações de oxigênio dissolvido nos igarapés de Porto Velho – RO.

7.1.3. Potencial hidrogeniônico (pH)

Os valores de pH variaram de 4,90, no período chuvoso a 6,97 no período de seca. Observou-se que as medianas dos igarapés rurais (Vitória e Periquitos) foram maiores no período chuvoso e as dos igarapés urbanos, no período seco (Figura 20).

O aumento do pH dos igarapés rurais no período chuvoso pode ser atribuído ao aumento do volume de água, que promove maior diluição dos compostos dissolvidos (matéria orgânica) e escoamento mais rápido, fazendo com que a acidez da água diminua.

No período de seca, o pH mais elevado dos igarapés urbanos pode estar associado à introdução no meio aquático de resíduos domésticos como detergentes e sabão, pois estes contêm em sua composição substâncias como os íons carbonato e bicarbonato, que elevam os valores de pH para a faixa alcalina (ESTEVEES, 1998).

Os valores de pH previstos para as águas das Classes 2, 3 e 4 pela Resolução CONAMA 357 (2005) variam de 6,00 a 9,00. Se comparadas a estes, 31,57% das amostras do período seco e 35,29% das amostras do período chuvoso estão fora dos padrões por terem apresentado pH abaixo de 6,00.

Vale destacar, porém, que autores como Sioli (1964), Santos & Ribeiro (1988) e Horbe et al (2005), afirmam que a maioria dos igarapés da região amazônica em seu estado natural apresenta pH ácido. Santos et al (1986), em um estudo preliminar na bacia do rio Jaci-Paraná (distrito de Porto Velho), encontraram valores de 4,8 a 5,2 no igarapé Tamanduá e de 4,4 a 5,4 no igarapé Bejarana (afluentes do rio Jaci-Paraná, sem influência antrópica significativa), caracterizando suas águas como ácidas.

Sendo assim, o fato de 66,66% das amostras analisadas estarem de acordo com a legislação ambiental brasileira, não significa necessariamente que a água nestes locais apresente boa qualidade e que não sofra influência do aporte de substâncias como os polifosfatados, por exemplo, em seus valores de pH.

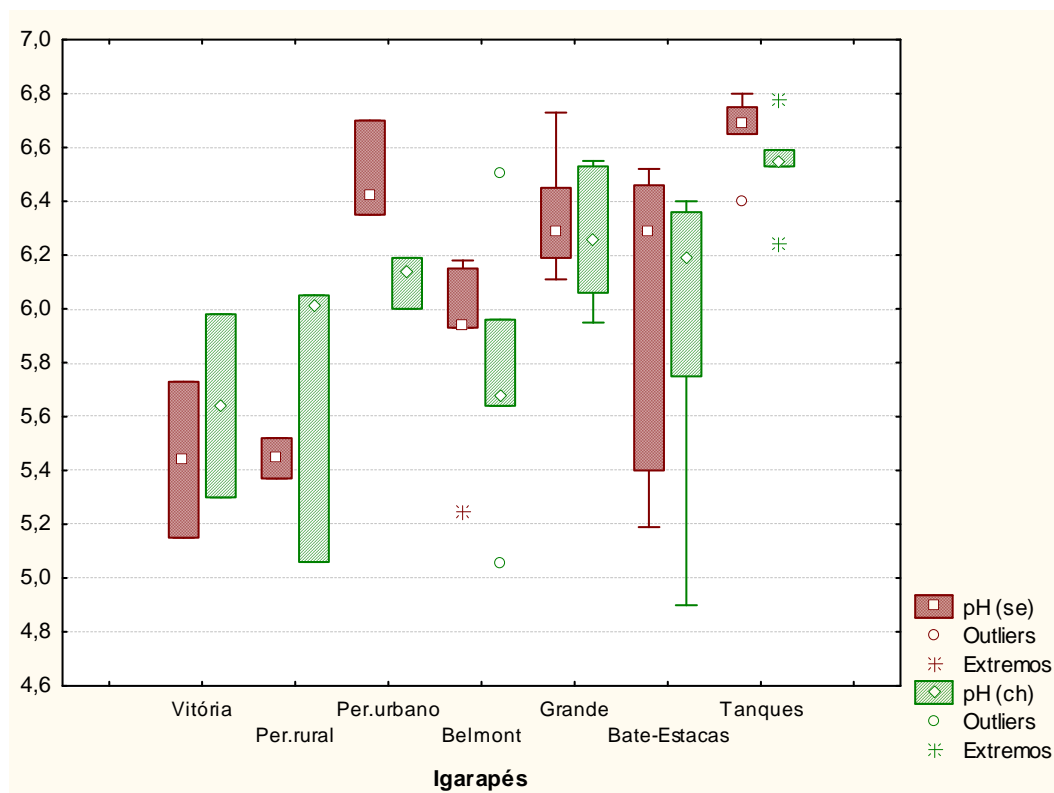


Figura 20. Valores de pH nos igarapés de Porto Velho – RO.

7.1.4. Condutividade elétrica

A descrição dos valores de condutividade elétrica concernentes a cada um dos igarapés da cidade, pode ser visualizada na tabela 11.

Tabela 11. Estatística descritiva da condutividade elétrica nos igarapés urbanos e rurais de Porto Velho – RO.

Igarapé	Condutividade ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) SECA				Condutividade ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) CHEIA			
	Média	Mediana	Mín.	Máx.	Média	Mediana	Mín.	Máx.
Vitória	-	-	13,20	-	70,70	70,70	9,60	131,0
Tanques	201,92	197,45	164,10	243,00	275,97	241,30	140,00	480,0
Periquitos	56,17	46,10	42,80	79,60	48,77	46,50	26,40	73,40
Periquitos	195,33	201,00	173,00	212,00	91,23	91,10	84,00	98,60
Belmont	142,46	108,50	70,00	356,00	99,01	97,60	43,80	178,50
Grande	168,90	160,25	148,00	211,00	134,25	127,40	108,50	185,20
Bate-	161,57	176,00	15,10	336,00	144,64	196,30	9,80	333,00

Os menores índices registrados tanto no período de seca ($13,20 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) como no chuvoso ($9,60 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) no P2VIT (área rural) foram semelhantes aos encontrados por

Pascoaloto (2001), em seu trabalho de caracterização ambiental de cinco igarapés amazônicos mais preservados, localizados em áreas florestais no município de Rio Preto da Eva (Amazonas), que variaram de 5,65 a 15,90 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Para o autor, os baixos valores identificam águas quimicamente pobres (pouco mineralizadas). Santos et al (1984), endossam que a baixa condutividade elétrica é consequência da pobreza de sais minerais dissolvidos nos corpos d'água. Cleto Filho (2003), encontrou valores para dois igarapés situados em áreas florestadas de Manaus que variaram de 7,1 a 21,4 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$.

A condutividade elétrica está diretamente relacionada ao teor de íons presentes em determinada solução. Os altos valores encontrados em locais como o P10PUB, P13TAN, P17TAN, P22BEL, P26GRA, P32BAT, e P34BAT podem ser atribuídos à elevada quantidade de matéria orgânica e de sais dissolvidos (provenientes de detergentes, urina, entre outros) no curso d'água (ESTEVEES, 1998; CLETO FILHO, 2003).

Outro fator, é que o processo de ocupação urbana às margens dos igarapés promove a desestruturação e o revolvimento gradativo do solo, potencializando os processos erosivos, que levam partículas finas (basicamente silte e argilas) a serem liberadas do sistema e fluir em suspensão, podendo interferir na condutividade elétrica. No período de seca, as medianas de condutividade elétrica foram maiores nos igarapés Grande, Belmont e Periquitos (parte urbana) (Figura 21).

Estudos realizados no igarapé dos Tanques por Elage et al (1998), identificaram o valor médio de condutividade de 720,80 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ no período seco e 239,46 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ no período chuvoso. Souza (2006) detectou o valor médio de 303,17 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ no período de seca e de 177 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ no período de chuva. No atual trabalho, a média determinada neste igarapé para o período seco foi inferior (201,92 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) aos trabalhos citados anteriormente e, no período chuvoso, foi superior (275,97 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) aos referidos estudos.

Em uma avaliação feita por Cleto Filho (2003) para avaliar os impactos da urbanização em corpos d'água na cidade de Manaus, foi verificado a média de 12,08 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ para os pontos situados em áreas de floresta e 180,20 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ para os localizados em áreas urbanas.

O igarapé Periquitos (área rural) apresentou os menores valores médios, podendo indicar assim um menor impacto decorrente do uso e ocupação do solo neste que nos demais igarapés.

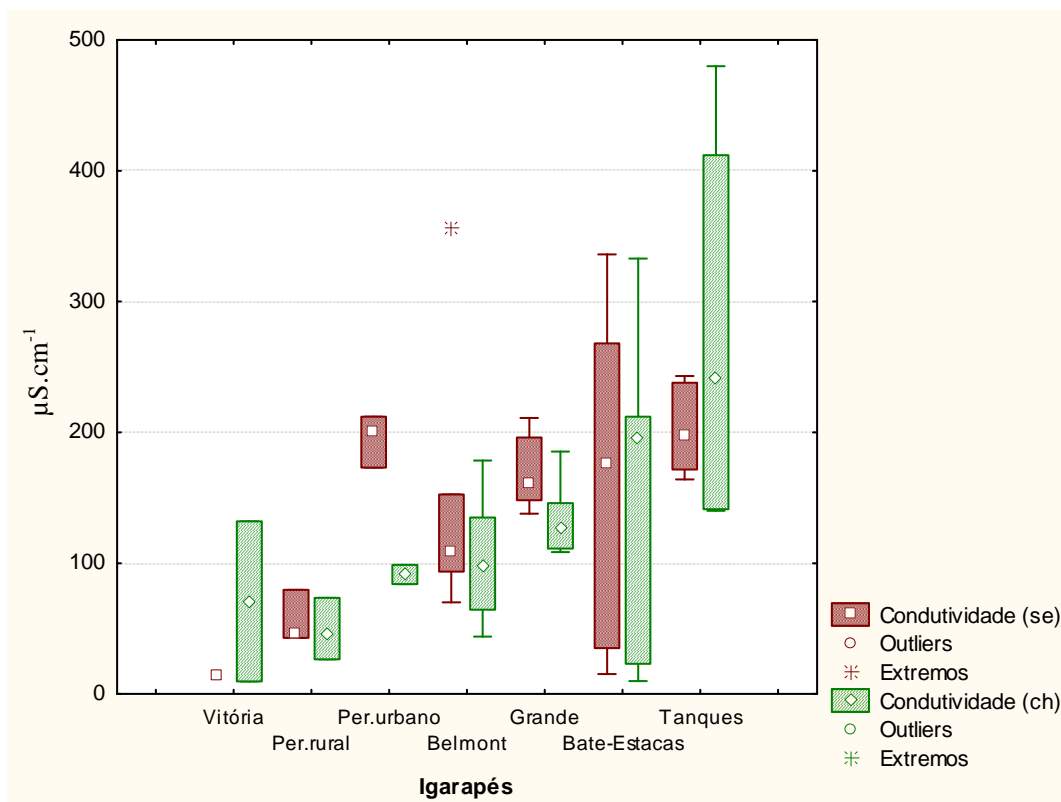


Figura 21. Valores de condutividade elétrica nos igarapés de Porto Velho – RO.

Menezes (2007), em pesquisa realizada na bacia do igarapé Belmont, mostrou que os valores médios de condutividade elétrica foram maiores nos pontos localizados na zona urbana (seca: $113,93 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$; cheia: $97,37 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) que na zona rural (seca: $60,34 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$; cheia: $51,27 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$).

Os valores médios de condutividade elétrica deste estudo também foram maiores nos igarapés urbanos (seca: $170,31 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$; cheia: $153,12 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) que nos rurais (seca: $45,43 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$; cheia: $57,54 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), o que evidencia maior pressão antrópica nos igarapés urbanos (Figura 22).

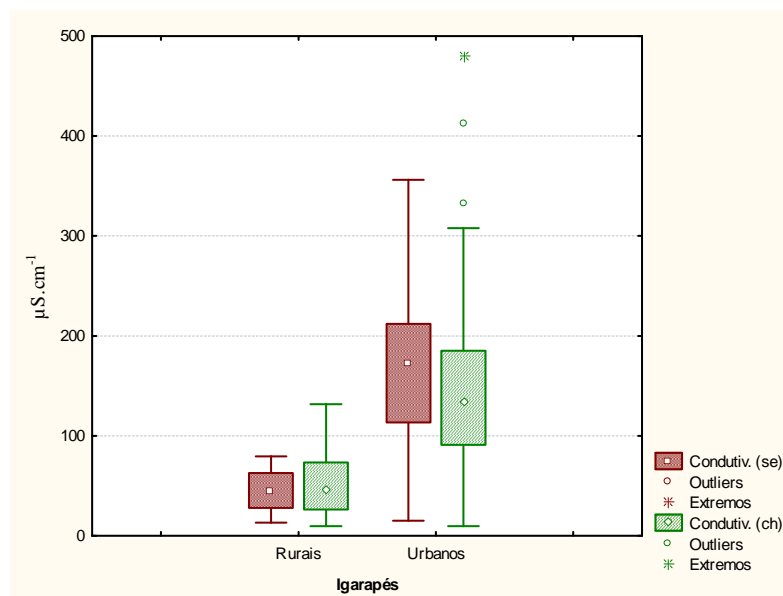


Figura 22. Comparação entre os valores de condutividade elétrica nos igarapés urbanos e rurais de Porto Velho – RO.

Com o objetivo de identificar quais as variáveis que mais contribuíram para o aumento da condutividade elétrica, foi realizada a análise de correlação de Spearman. Para cada período sazonal foi obtida uma matriz de correlação composta pelas variáveis físico-químicas, químicas e bacteriológicas (Tabelas 12 e 13).

Pelas referidas matrizes, observou-se que nos dois períodos a condutividade elétrica obteve coeficientes de correlação superiores a 0,8 para as variáveis amônia e fósforo total, expressando uma forte relação entre estas. Guedes et al (2005), encontraram fortes correlações positivas entre condutividade elétrica, nitrogênio amoniacal e fósforo total nos períodos de seca e cheia. Os autores atribuíram o conjunto de correlações ao intenso despejo “*in natura*” de matéria orgânica no rio Jundiá (RN), proveniente de esgotos domésticos.

Tabela 12. Matriz de correlação das variáveis indicadoras da qualidade das águas nos igarapés urbanos e rurais de Porto Velho – RO, período de seca.

	Cond.	OD	pH	Amônia	P total	Ortofosfato	Nitrito	DQO
Condutividade	1,000							
OD	-0,410	1,000						
pH	0,751	-0,184	1,000					
Amônia	0,831	-0,369	0,771	1,000				
P total	0,836	-0,253	0,681	0,781	1,000			
Ortofosfato	0,799	-0,156	0,697	0,875	0,902	1,000		
Nitrito	0,549	-0,042	0,577	0,595	0,427	0,561	1,000	
DQO	0,248	-0,307	0,190	0,154	0,420	0,228	0,017	1,000
Col. fecais	0,472	-0,136	0,357	0,257	0,416	0,375	0,218	0,623
Col.não fecais	0,481	-0,418	0,448	0,259	0,362	0,222	0,314	0,487

Tabela 13. Matriz de correlação das variáveis indicadoras da qualidade das águas nos igarapés urbanos e rurais de Porto Velho – RO, período de cheia.

	Cond.	pH	Amônia	P total	Ortofosfato	Nitrito	Col. fecais	Col. não fecais
Condutividade	1,000							
pH	0,668	1,000						
Amônia	0,828	0,719	1,000					
P total	0,836	0,731	0,783	1,000				
Ortofosfato	0,664	0,636	0,686	0,857	1,000			
Nitrito	0,669	0,547	0,743	0,649	0,609	1,000		
Col. fecais	0,578	0,425	0,643	0,647	0,652	0,565	1,000	
Col. não fecais	0,595	0,533	0,617	0,596	0,479	0,463	0,819	1,000

7.1.5. Demanda química de oxigênio (DQO)

Os valores de DQO variaram de 3,20 a 25,92 mg.L⁻¹ no período de seca e de 5,12 a 23,68 mg.L⁻¹ no período chuvoso.

No período seco, as maiores concentrações medianas foram observadas nos igarapés Vitória e Periquitos (parte urbana), enquanto que no período chuvoso, ocorreram nos igarapés Periquitos (parte rural) e Vitória (Figura 23). Não houve grande diferença entre as concentrações medianas dos igarapés da zona urbana e da zona rural no período seco, porém, no período chuvoso as concentrações foram maiores nos igarapés rurais (Figura 24).

Um dos fatores que contribuem para o aumento de DQO nos corpos d'água rurais, é a presença de matéria orgânica proveniente da própria mata ciliar, como folhas, galhos e produtos de excreção da fauna local. Além disso, ainda que em menor proporção, esses locais também sofrem pressão antrópica, já que em todos eles foi detectada a presença de moradores no entorno e atividades como criação de gado, galinhas e porcos, plantação de mandioca, entre outras (Figura 25).

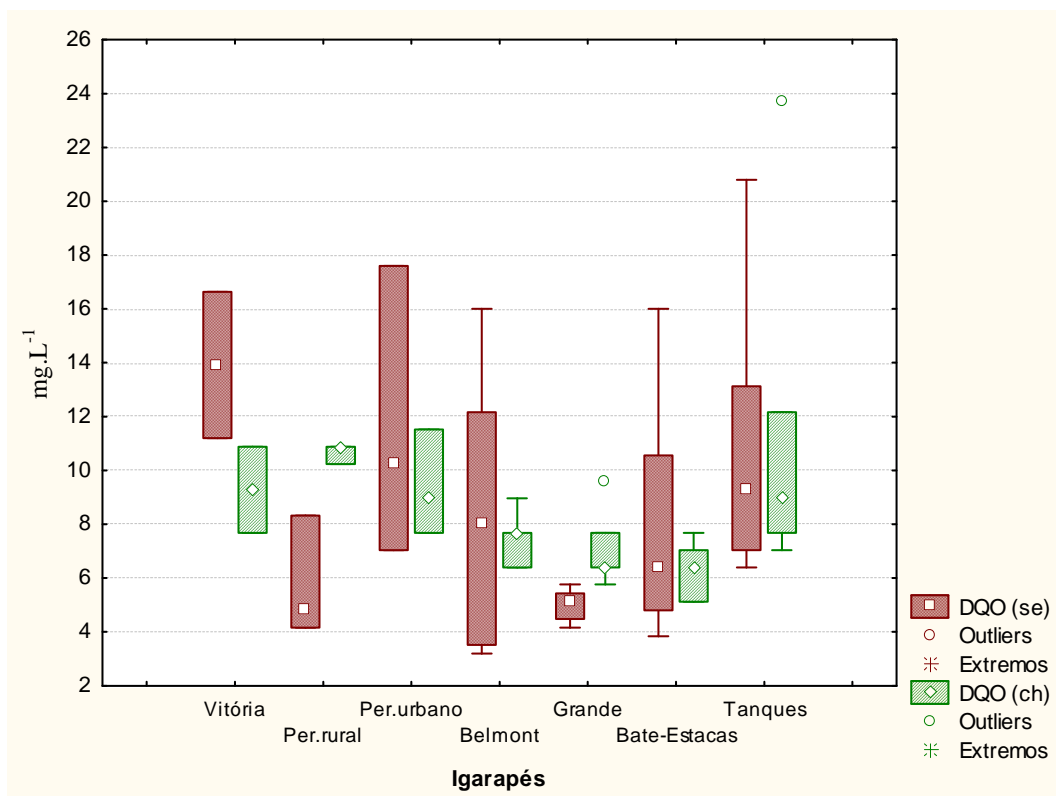


Figura 23. Concentrações de DQO nos igarapés de Porto Velho – RO.

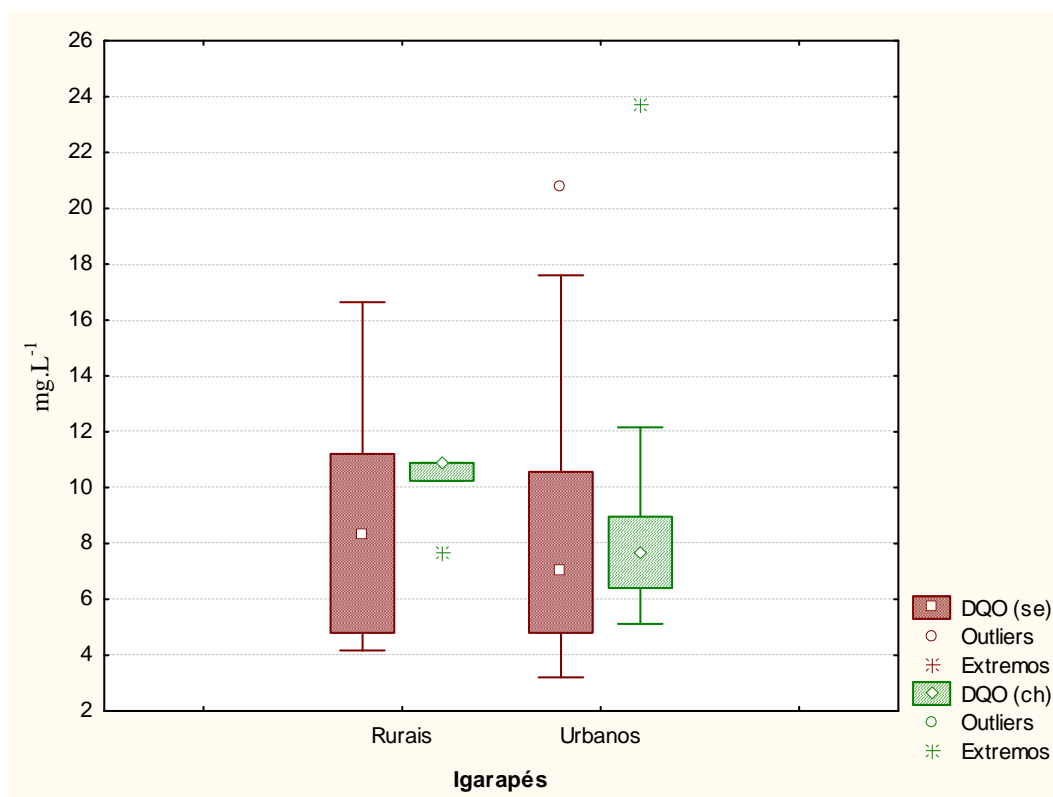


Figura 24. Comparação entre as concentrações de DQO nos igarapés urbanos e rurais de Porto Velho – RO.

Menezes (2007), constatou que a sazonalidade influenciou nas concentrações de DQO, sendo que as médias foram maiores no período de seca (zona urbana: 7,35 mg.L⁻¹; zona rural: 9,09 mg.L⁻¹) que no chuvoso (zona urbana: 3,77 mg.L⁻¹; zona rural: 4,95 mg.L⁻¹). Esse comportamento não foi observado quanto às médias de DQO nos igarapés urbanos estudados, que obtiveram valores semelhantes, de 8,42 na seca e 8,10 mg.L⁻¹ na cheia.



Figura 25. Criação de gado às margens do igarapé Periquitos na zona rural.

A média de DQO para o igarapé Bate-Estacas na pesquisa feita por Castro Neto et al (1999), foi de 0,93 mg.L⁻¹. Neste trabalho, as médias para o mesmo igarapé foram 7,95 e 6,40 mg.L⁻¹ no período seco e chuvoso, respectivamente.

Horbe et al (2005), ao avaliar as características hidroquímicas de duas drenagens localizadas em área rural no município de Manaus, verificaram no igarapé Água Branca o valor médio de 10,57 mg.L⁻¹ no período seco e de 20,78 mg.L⁻¹ no período chuvoso e, ainda, o valor médio de 6,27 mg.L⁻¹ no igarapé Puraquequara (apenas período seco). A concentração média de DQO nos igarapés rurais foi maior no período chuvoso, corroborando com os resultados de Horbe et al (op cit.).

Os índices de DQO obtidos são considerados baixos se comparados aos encontrados em corpos d'água de outras regiões do Brasil, como é o caso das águas do ribeirão Ubá (Minas Gerais), que apresentaram teores de até 251,4 mg.L⁻¹ (CARVALHO et al, 2004).

Santos (2008), obteve resultados médios de 203,00 mg.L⁻¹ no rio Capibaribe (Recife) à montante de uma lavanderia e tinturaria industrial, 280,00 mg.L⁻¹ no ponto próximo ao descarte do efluente tratado dessa tinturaria e 159,00 mg.L⁻¹ à jusante da

mesma. O autor relacionou o aumento das concentrações de DQO aos efluentes gerados pela indústria que, segundo o mesmo, possuem elevada carga poluidora, constituída por compostos orgânicos como amido, graxas, corantes e sabões.

Prandi-Rosa & Farache Filho (2002), detectaram índices de até 8.103,00 mg.L⁻¹ nas águas superficiais de mananciais do município de Jales (SP). Os menores valores das águas superficiais de Porto Velho em relação a esses trabalhos, podem ser atribuídos ao fato de que os corpos d'água anteriormente citados, além de receberem grande quantidade de matéria orgânica oriunda de rejeitos domésticos, recebem ainda grande quantidade de efluentes industriais.

Ainda que inferiores aos resultados obtidos nos trabalhos supracitados, observou-se que as concentrações mais elevadas de DQO no período seco e chuvoso foram encontradas nos mesmos pontos que apresentaram os maiores teores de fósforo total e fosfato dissolvido, equivalentes aos pontos P36BAT e P13TAN, respectivamente (apêndices 3 e 4). Por essa razão, é possível inferir que essa matéria orgânica seja proveniente de efluentes domésticos e do deflúvio urbano.

De acordo com a *World Health Organization* (WHO, 1996), águas superficiais com valores de DQO de até 20,0 mg.L⁻¹ são consideradas não poluídas. Se os resultados obtidos fossem comparados a este nos dois períodos avaliados, apenas 3 amostras seriam consideradas de locais poluídos. Destaca-se, porém, que este padrão é utilizado apenas a título de comparação e que, o que indica a poluição ou não de um corpo d'água é um conjunto de fatores associados e não apenas uma variável isolada.

7.2. Coliformes totais e fecais

Houve significativa variação na densidade de coliformes totais no período de seca (2900,00 a 36000,00 UFC/100 mL) e no chuvoso (6200,00 a 29000,00 UFC/100 mL), conforme sumarizado na tabela 14.

Os valores medianos de coliformes totais foram maiores no período chuvoso que no seco, em todos os igarapés (Figura 26). Os elevados índices de coliformes totais encontrados não indicam necessariamente poluição de origem fecal, pois neste grupo estão inclusas espécies de bactérias não entéricas pertencentes aos gêneros *Serratia*, *Klebsiella* e *Proteus*, que podem ser naturalmente encontradas no solo e na vegetação. Todavia, são utilizados como indicadores de condições de higiene de determinados locais (GEUS & LIMA, 2008).

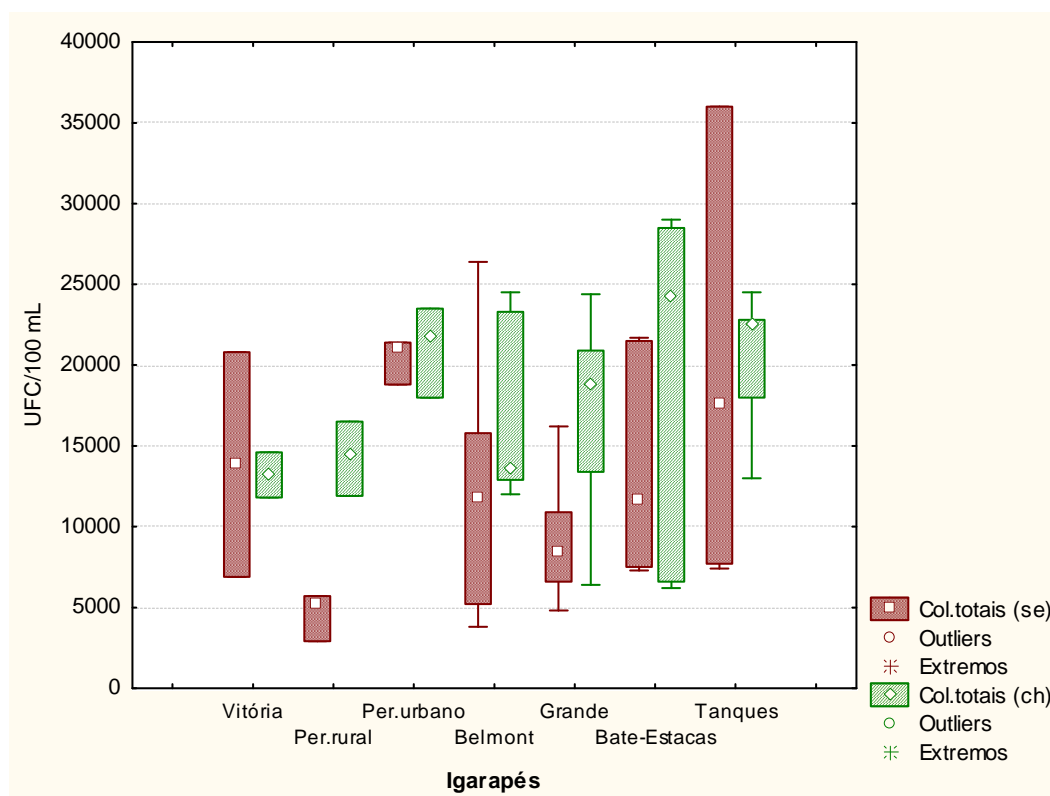


Figura 26. Valores de coliformes totais nos igarapés de Porto Velho – RO.

As medianas de coliformes fecais nos igarapés, assim como as de coliformes totais, foram mais elevadas no período chuvoso (exceção do igarapé Vitória) (Figura 27). Tal fato sugere que o aumento das precipitações implica em maior densidade desses microrganismos, devido ao incremento de matéria orgânica alóctone nos sistemas hídricos. A ausência de mata ciliar nos igarapés pode ser associada às densidades mais elevadas de coliformes fecais na época das chuvas, pois expõe o solo e facilita o aporte de grande quantidade de impurezas e detritos através do escoamento superficial.

As concentrações médias de coliformes fecais (seca: 4.270,59 e cheia: 6.750,00 UFC /100 mL) nos igarapés estudados foram maiores do que a encontrada por Martins (2006) (1.460,00 UFC/100 mL) no igarapé que sofre influência do lixão municipal de Porto Velho. Castro Neto et al (1999), quantificaram índices médios superiores a 1.600,00 UFC/100 mL em amostras do igarapé Bate-Estacas. Albuquerque et al (2001), determinaram valores médios maiores que 1.600,00 UFC/100 mL em seis amostras da microbacia do igarapé Belmont (área do Parque Natural Municipal de Porto Velho). Marques et al (2004), obtiveram resultados de até 82.000,00 UFC/100 mL no igarapé dos Tanques.

Os resultados demonstram a deterioração, principalmente por esgotos cloacais e pluviais, destes ecossistemas aquáticos, uma vez que a existência de coliformes fecais na água torna-se evidência de poluição fecal de origem humana ou animal. Um aspecto importante, é que a presença de tais bactérias indica a possibilidade da existência de agentes patogênicos encontrados nas fezes, como *Shigella sp.* e *Salmonella sp.* (Pelczar et al., 1981).

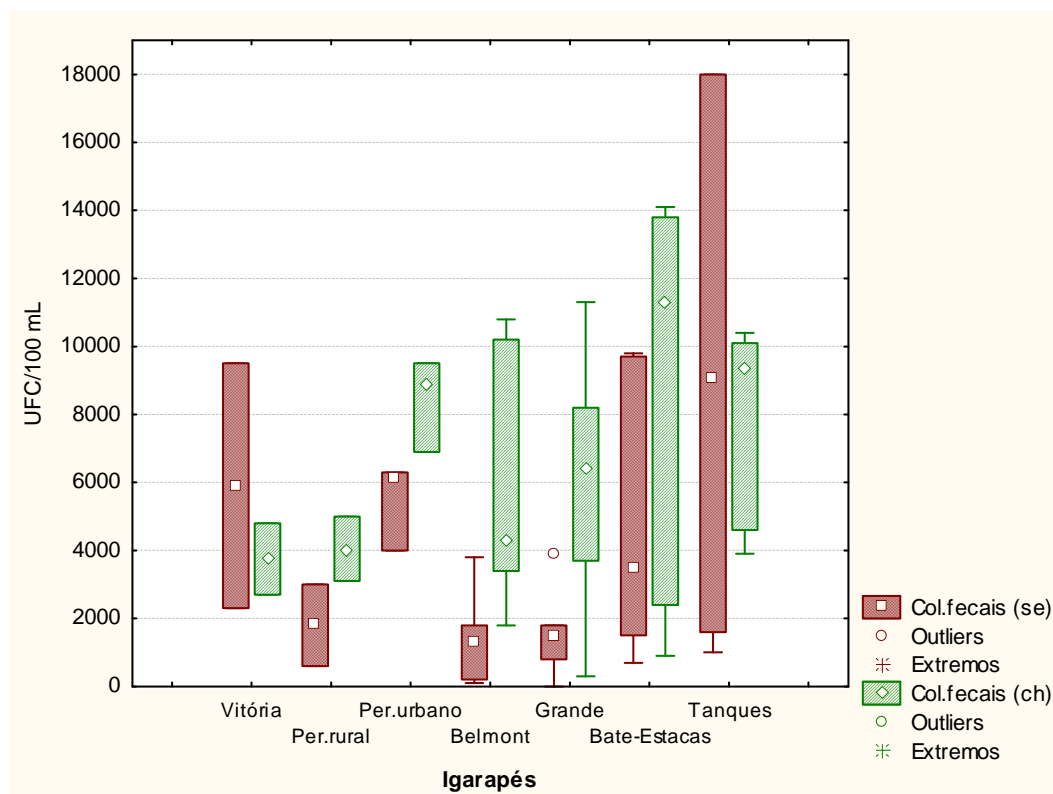


Figura 27. Valores de coliformes fecais nos igarapés de Porto Velho – RO.

Tabela 14. Estatística descritiva de coliformes fecais e não fecais nos igarapés urbanos e rurais de Porto Velho – RO.

Igarapés	Coliformes fecais (UFC/100 mL)		Coliformes totais (UFC/100 mL)	
	Seca	Cheia	Seca	Cheia
Vitória				
Média	5900,00	3750,00	1385,00	13200,00
Mediana	5900,00	3750,00	13850,00	13200,00
min - max	2300,00 - 9500,00	2700,00 - 4800,00	6900,00 - 20800,00	11800,00 - 14600,00
Tanques				
Média	9450,00	7950,00	20366,67	20566,67
Mediana	9050,00	9350,00	17550,00	22550,00
min - max	1000,00 - 18000,00	3900,00 - 1400,00	7400,00 - 36000,00	13000,00 - 24500,00
Periquitos (rural)				
Média	1800,00	4033,33	4600,00	14300,00
Mediana	1800,00	4000,00	5200,00	14500,00
min - max	600,00 - 3000,00	3100,00 - 5000,00	2900,00 - 5700,00	11900,00 - 16500,00
Periquitos (urbano)				
Média	5466,67	8433,33	20433,33	21100,00
Mediana	6100,00	8900,00	21100,00	21800,00
min - max	4000,00 - 6300,00	6900,00 - 9500,00	18800,00 - 21400,00	18000,00 - 23500,00
Belmont				
Média	1285,71	5814,29	12085,71	16642,86
Mediana	1300,00	4300,00	11800,00	13600,00
min - max	100,00 - 3800,00	1800,00 - 10800,00	3800,00 - 26400,00	12000,00 - 24500,00
Grande				
Média	1583,33	6050,00	9216,67	17133,33
Mediana	1500,00	6400,00	8400,00	18850,00
min - max	0,00 - 3900,00	300,00 - 11300,00	4800,00 - 16200,00	6400,00 - 24400,00
Bate-Estacas				
Média	5200,00	8557,14	14142,86	20042,86
Mediana	3500,00	11300,00	11700,00	24300,00
min - max	700,00 - 9800,00	900,00 - 14100,00	7300,00 - 21700,00	6200,00 - 29000,00

A tabela 15 expõe uma comparação entre os resultados de coliformes fecais obtidos nos locais utilizados para balneabilidade (Figura 28), pesca e uso doméstico e os valores estabelecidos pela Resolução CONAMA n° 274 de 2000.

Os pontos P5VIT e P8PRU (período de seca) e P7PRU, P8PRU, P9PRU e P38BAT (período chuvoso) apresentaram valores superiores a 2.500,00 NMP/100 ml, sendo considerados impróprios para balneabilidade.



Figura 28. Ponto P31BAT (a) e P5VIT (b), utilizados para balneabilidade.

Tabela 15. Comparação entre os valores de coliformes fecais encontrados nos locais utilizados para balneabilidade e os valores propostos pelo CONAMA 274 (2000).

Pontos	UFC/100 ml		Padrões de balneabilidade segundo a resolução CONAMA n° 274 (2000).	
	Seca	Chuva		
P5VIT	18.000,00	-		
P7PRU	1.800,00	4.000,00	Categoria	UFC/100 ml
P8PRU	3.000,00	5.000,00	Excelente	Até 250,00
P9PRU	600,00	3.100,00	Muito boa	Até 500,00
P31BAT	2.000,00	2.400,00	Satisfatória	Até 1.000,00
P38BAT	700,00	3.900,00	Imprópria	Superior a 2.500,00

As altas densidades de coliformes totais e fecais detectadas na maioria dos pontos da rede hídrica superficial urbana, remetem a outro antigo problema enfrentado no município de Porto Velho: a poluição das águas subterrâneas da cidade.

O primeiro estudo relativo a essa questão foi realizado por Bahia (1997), que determinou parâmetros físico-químicos e bacteriológicos em 86 poços da área urbana de Porto

Velho. A autora imputou a contaminação bacteriológica das águas subterrâneas à utilização inadequada dos sistemas de despejos sanitários, à evacuação de animais domésticos e de criação nas proximidades dos poços e, ainda, à perfuração e instalação inadequadas.

Rodrigues (2008) avaliou a qualidade da água de 166 poços do tipo “amazonas” em todas as zonas da cidade através de parâmetros físico-químicos e bacteriológicos. Um dos critérios utilizados para a escolha dos pontos de coleta foi que os poços ficassem próximos aos igarapés ora estudados, para verificar também possíveis interferências das águas superficiais sobre as subterrâneas.

Foram observados altos índices de coliformes totais e fecais na maioria dos poços, principalmente naqueles localizados às margens dos igarapés Grande, Tanques e Belmont, sendo que apenas 13,85% das amostras apresentaram ausência de coliformes fecais (Figuras 29 e 30). Os altos valores foram associados à poluição oriunda das pequenas distâncias entre os poços e as fossas sépticas ou sumidouros, que em vários locais não respeitavam a distância mínima de 15 m (sendo encontrado o valor extremo de 2,6 m em um dos pontos), estabelecida pelo Ministério da Saúde.

Foi mencionada, ainda, a possibilidade de poluição desses poços pelos igarapés situados próximos destes, que muitas vezes acabam servindo como locais de destinação final de lixo e esgotos. No período de coleta, referente ao período chuvoso, verificou-se de maneira geral que o lençol freático estava bastante elevado, com medidas de até 0,30 m da superfície. O aumento dos índices pluviométricos é responsável pela elevação dos níveis do lençol freático, proporcionando maior comunicação entre as coleções hídricas e possibilitando a contaminação bacteriológica dos poços em maior ou menor escala, dependendo de fatores como o tipo de solo e sua capacidade de infiltração. O solo da área de estudo, caracterizado como bem drenado, pode ser favorável à contaminação bacteriológica proveniente da superfície devido à facilidade de infiltração da água.

Tais constatações merecem atenção já que, em média, 56,96% da população residente às margens desses igarapés utilizam como forma de abastecimento de água os poços amazonas, tornando os dependentes deste recurso, vulneráveis às doenças de veiculação hídrica, tais como febre tifóide, febre paratifóide, disenteria bacilar e cólera.

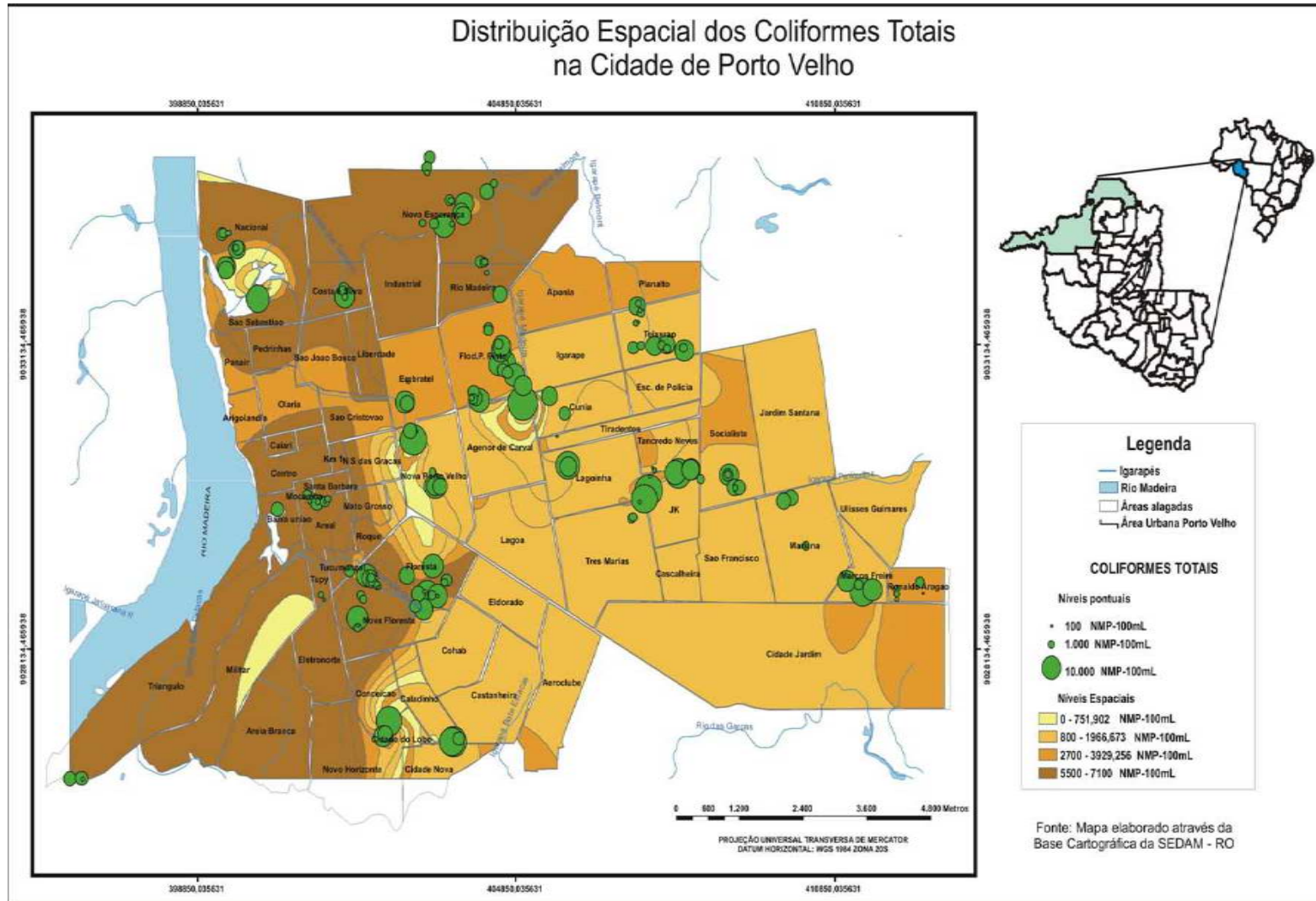


Figura 29. Distribuição espacial de coliformes totais em poços tipo “amazonas”, de Porto Velho – RO.

Fonte: Rodrigues, 2008.

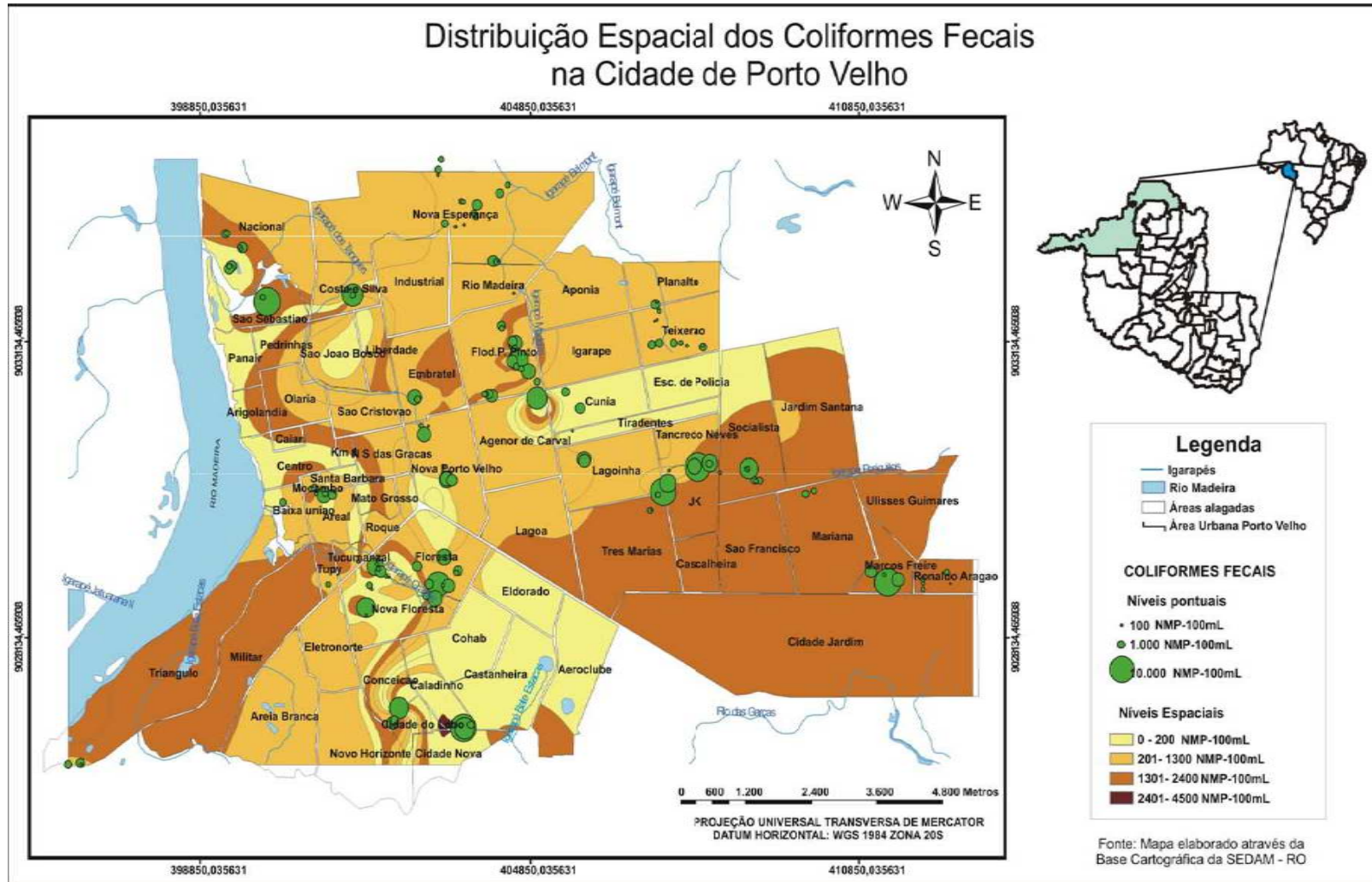


Figura 30. Distribuição espacial de coliformes fecais em poços tipo “amazonas”, de Porto Velho – RO.

Fonte: Rodrigues, 2008.

7.3. Elementos-traço

A análise de elementos-traço nas amostras de água total foi realizada apenas no período seco, cujos resultados estão expostos na tabela 16.

O elemento ferro (Fe) apresentou as maiores concentrações, o que pode indicar a influência geoquímica da região sobre as águas destes igarapés, uma vez que na área de estudo a classe de solo predominante é a de Latossolo, que tem como principal característica a grande quantidade de óxidos de ferro (EMBRAPA, 1999; SEDAM, 2002). Há também a contribuição das coberturas sedimentares indiferenciadas, que possuem restos de materiais lateríticos ferruginosos. As chuvas esporádicas anteriores às coletas do final do período seco podem ter contribuído para o aumento dos teores desse elemento devido ao carreamento de solos e a ocorrência de processos de erosão das margens.

A tabela 17 mostra uma comparação entre os valores mínimos e máximos de elementos-traço encontrados na água total dos igarapés de Porto Velho, com trabalhos realizados em outras bacias hidrográficas. Observa-se que os demais elementos analisados apresentaram baixas concentrações em todos os locais amostrados.

Um fator que pode ter influenciado nos níveis de elementos-traço são os valores de pH, que na maioria das amostras se apresentou próximo à neutralidade. Segundo Silvano & Raya-Rodriguez (2003), valores de pH com essa característica contribuem para os baixos índices de elementos-traço nas águas superficiais.

As baixas concentrações de elementos-traço determinadas ressaltam ainda que os maiores responsáveis pela poluição dos igarapés de Porto Velho não são as cargas de rejeitos industriais, mas sim, os efluentes domésticos.

Tabela 16. Concentrações de metais pesados (mg.L^{-1}) determinadas nas amostras de água total dos igarapés urbanos e rurais de Porto Velho – RO.

Ponto	Fe	Mn	Co	Pb	Zn	Cr	Cd	Cu
P1VIT	1,1713	0,0406	0,0009	0,0034	0,0053	0,0022	<0,0003	0,0027
P2VIT	4,9322	0,0351	0,0010	0,0049	0,0078	0,0037	<0,0003	0,0013
P3TAN	1,2635	0,2798	0,0006	0,0056	0,0103	0,0016	<0,0003	0,0020
P4TAN	1,6953	0,0204	0,0009	0,0045	0,0326	0,0018	<0,0003	0,0013
P5VIT	2,3147	0,0293	0,0002	0,0025	0,0047	0,0047	<0,0003	0,0002
P6TAN	0,9520	0,0088	0,0006	0,0041	0,0091	0,0007	<0,0003	0,0011
P7PRU	1,5472	0,0095	0,0001	0,0028	0,0157	0,0005	<0,0003	0,0018
P8PRU	2,2232	0,0146	0,0002	0,0039	0,0520	0,0017	<0,0003	0,0012
P9PRU	2,2472	0,0138	0,0004	0,0044	0,0101	0,0048	<0,0003	0,0101
P10PUB	2,4136	0,0119	0,0009	0,0055	0,0012	0,0137	<0,0003	0,0026
P11PUB	2,8304	0,0133	0,0014	0,0065	0,0012	0,0170	<0,0003	0,0029
P12PUB	2,2832	0,0127	0,0016	0,0063	0,0012	0,0097	<0,0003	0,0103
P13TAN	0,7504	0,0119	0,0008	0,0076	0,0329	0,0040	<0,0003	0,0111
P14BEL	13,5188	0,0185	0,0015	0,0036	0,0080	0,0010	<0,0003	0,0109
P15BEL	7,5593	0,0169	0,0011	0,0039	0,0064	0,0037	<0,0003	0,0110
P16TAN	1,1365	0,0132	0,0008	0,0040	0,0083	0,0014	<0,0003	0,0007
P17TAN	0,8570	0,0113	0,0011	0,0043	0,0071	0,0025	<0,0003	<0,0004
P18BEL	2,5209	0,0223	0,0007	0,0027	0,0046	0,0003	<0,0003	<0,0004
P19BEL	1,2631	0,0061	0,0005	0,0034	0,0045	0,0079	<0,0003	0,0001
P20BEL	2,7815	0,0022	0,0002	0,0024	0,0051	0,0241	<0,0003	0,0004
P21BEL	0,5326	0,0032	0,0001	0,0023	0,0033	0,0033	<0,0003	<0,0004
P22BEL	0,6631	0,0067	0,0012	0,0036	0,0039	0,0026	<0,0003	<0,0004
P23GRA	0,8059	0,0100	0,0006	0,0046	0,0101	0,0016	<0,0003	<0,0004
P24GRA	1,9080	0,0261	0,0013	0,0043	0,0098	0,0031	<0,0003	<0,0004
P25GRA	1,8628	0,0229	0,0014	0,0036	0,0095	0,0024	<0,0003	<0,0004
P26GRA	1,0859	0,0212	0,0012	0,0039	0,0043	0,0005	<0,0003	<0,0004
P27GRA	1,7541	0,0144	0,0007	0,0027	0,0059	0,0009	<0,0003	<0,0004
P28GRA	1,4664	0,0080	0,0006	0,0034	0,0084	0,0009	<0,0003	<0,0004
P29GRA	1,7034	0,0154	0,0007	0,0037	0,0052	0,0028	<0,0003	<0,0004
P30BAT	1,5240	0,0110	0,0001	0,0023	0,0057	0,0017	<0,0003	<0,0004
P31BAT	4,5673	0,0037	0,0001	0,0032	0,0035	0,0064	<0,0003	<0,0004
P32BAT	3,7837	0,0234	0,0013	0,0048	0,0123	0,0036	<0,0003	0,0013
P33BAT	2,5731	0,0746	0,0023	0,0038	0,0041	0,0003	<0,0003	<0,0004
P34BAT	1,8510	0,0226	0,0019	0,0036	0,0090	0,0380	<0,0003	<0,0004
P35BAT	1,2586	0,0298	0,0014	0,0033	0,0068	0,0009	<0,0003	<0,0004
P36BAT	2,1597	0,0207	0,0032	0,0060	0,0542	0,0126	<0,0003	0,0043
P37BAT	0,8182	0,0184	0,0006	0,0031	0,0029	0,0005	<0,0003	<0,0004
P38BAT	1,5146	0,0126	0,0005	0,0031	0,0061	0,0028	<0,0003	0,0002
Média	2,3182	0,0246	0,0009	0,0039	0,0103	0,0050	-	0,0036

Tabela 17. Comparação entre os resultados de elementos-traço em água total dos igarapés urbanos e rurais de Porto Velho e outros trabalhos.

Elementos	Concentrações em mg.L ⁻¹ (mínimo e máximo)			
	Bendati & Dick (1997) – Lago Guaíba, RS.	Silvano & Raya-Rodriguez (2003) – Lagoa Azul, SC.	Guedes et al. (2005) – Rio Jundiáí, RN.	Igarapés de Porto Velho (este trabalho).
Cd	0,0003 – 0,0011	-	<LDT – 0,0130	<0,0003
Cr	0,0048 – 0,0063	<LDT	<LDT – 0,0400	0,0003 – 0,0380
Fe	-	0,0500 – 2,1000	0,3100 – 1,7500	0,6631 – 13,5188
Mn	-	0,1700 – 9,8500	0,0700 – 0,2800	0,0022 – 0,2798
Pb	0,0038 – 0,0079	-	<LDT – 0,1600	0,0023 – 0,0076
Zn	0,0205 – 0,0550	0,0300 – 0,1700	<LDT – 0,1000	0,0012 – 0,0542
Cu	0,0175 – 0,0325	-	-	<0,0004 – 0,0111

7.4. Nutrientes

As tabelas 18 e 19 apresentam a descrição dos resultados de nutrientes nos igarapés estudados. Os altos valores de desvio padrão são indicação da inconstância dos parâmetros ao longo dos trechos amostrados, influenciando de maneira relevante a qualidade da água. Porém, essa grande variabilidade é esperada para ambientes que sofrem intervenções antrópicas.

Tabela 18. Estatística descritiva para nutrientes em cada um dos igarapés, período seco.

Igarapés (seca)	Amônia (µg.L ⁻¹)	P total (µg.L ⁻¹)	P orto (µg.L ⁻¹)	Nitrito (µg.L ⁻¹)
Vitória				
x (dp)	17,15 (16,41)	185,64 (173,24)	16,56 (3,98)	7,57 (6,58)
min - max	5,55 - 28,75	63,14 - 308,14	13,75 - 16,56	2,92 - 12,22
Tanques				
x (dp)	195,51 (44,35)	327,43 (286,65)	183,33 (204,61)	98,91 (72,35)
min - max	130,96 - 253,95	71,00 - 844,57	31,25 - 566,25	7,22 - 171,25
Periquitos (rural)				
x (dp)	13,39 (8,82)	22,90 (4,36)	6,67 (2,37)	1,90 (0,64)
min - max	6,66 - 23,38	18,14 - 26,71	5,00 - 9,38	1,53 - 2,64
Periquitos (urbano)				
x (dp)	108,72 (6,93)	102,90 (34,26)	15,63 (3,90)	106,30 (35,40)
min - max	104,34 - 116,71	81,71 - 142,43	12,50 - 20,00	75,28 - 144,86
Belmont				
x (dp)	60,23 (64,48)	97,53 (107,58)	36,79 (55,40)	68,08 (116,76)
min - max	3,79 - 172,04	16,71 - 324,57	6,25 - 156,25	1,25 - 317,36
Grande				
x (dp)	138,49 (34,41)	111,24 (24,54)	30,94 (4,92)	55,58 (57,41)
min - max	99,17 - 181,86	87,43 - 158,86	27,50 - 39,38	8,06 - 161,25
Bate-Estacas				
x (dp)	124,99 (94,71)	153,76 (189,50)	125,71 (184,18)	32,20 (30,11)
min - max	8,47 - 244,13	34,57 - 546,71	8,13 - 447,50	12,78 - 94,17

Tabela 19. Estatística descritiva para nutrientes em cada um dos igarapés, referentes ao período de cheia.

Igarapés (cheia)	Amônia ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	P total ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	P orto ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	Nitrito ($\mu\text{g.L}^{-1}$)
Vitória				
x (dp)	10,64 (12,34)	31,14 (20,20)	13,41 (8,40)	3,49 (3,82)
min - max	1,31 - 19,36	16,86 - 45,43	7,48 - 19,45	0,78 - 6,19
Tanques				
x (dp)	96,14 (67,61)	247,10 (236,85)	70,60 (95,40)	88,58 (152,53)
min - max	9,68 - 153,09	93,29 - 696,14	9,35 - 261,85	1,05 - 397,41
Periquitos (rural)				
x (dp)	5,73 (5,68)	28,52 (4,36)	7,89 (2,37)	4,43 (3,93)
min - max	0,87 - 11,98	24,71 - 33,29	6,23 - 10,60	0,65 - 8,49
Periquitos (urbano)				
x (dp)	45,52 (2,04)	62,81 (6,44)	17,06 (4,69)	29,07 (5,63)
min - max	44,05 - 47,85	56,14 - 69,00	12,48 - 21,85	22,95 - 34,03
Belmont				
x (dp)	28,79 (30,48)	39,61 (30,03)	10,78 (6,56)	29,30 (34,33)
min - max	1,64 - 88,39	7,57 - 96,14	4,35 - 21,85	2,27 - 85,92
Grande				
x (dp)	63,15 (24,87)	67,10 (13,68)	15,29 (7,68)	42,74 (16,87)
min - max	26,43 - 89,57	53,29 - 83,29	5,60 - 25,60	28,22 - 62,54
Bate-Estacas				
x (dp)	53,74 (50,73)	65,73 (61,58)	15,33 (13,51)	44,53 (46,16)
min - max	0,80 - 119,75	10,43 - 179,00	3,73 - 40,60	<LDT - 127,27

7.4.1. Amônia e nitrito

Observou-se que 58,8% das amostras do período seco apresentaram concentrações de amônia superiores a $100 \mu\text{g.L}^{-1}$, sendo que em todos os pontos (exceção do PIVIT) estas foram maiores neste período do que no chuvoso (Figura 31).

Menezes (2007), encontrou o máximo de $143,4 \mu\text{g.L}^{-1}$ no igarapé Belmont e verificou que 74,5% das amostras obtiveram valores de amônia inferiores a $10 \mu\text{g.L}^{-1}$. Constatou ainda que os teores médios da área urbana (seca: 20,25 e cheia: $21,45 \mu\text{g.L}^{-1}$) foram no mínimo duas vezes maiores que os da área rural (seca: 8,63 e cheia: $5,66 \mu\text{g.L}^{-1}$). O valor máximo determinado no atual trabalho foi de $253,95 \mu\text{g.L}^{-1}$ e os pontos da zona urbana apresentaram concentrações médias maiores que os da zona rural (Figura 32).

O valor máximo de nitrogênio amoniacal designado para águas de Classe 3 é de $13,3 \text{mg.L}^{-1}$ (para $\text{pH} \leq 7,5$) (CONAMA 357 (2005)). Outros países estabelecem níveis máximos toleráveis para águas destinadas à pesca e à vida aquática, como é o caso da

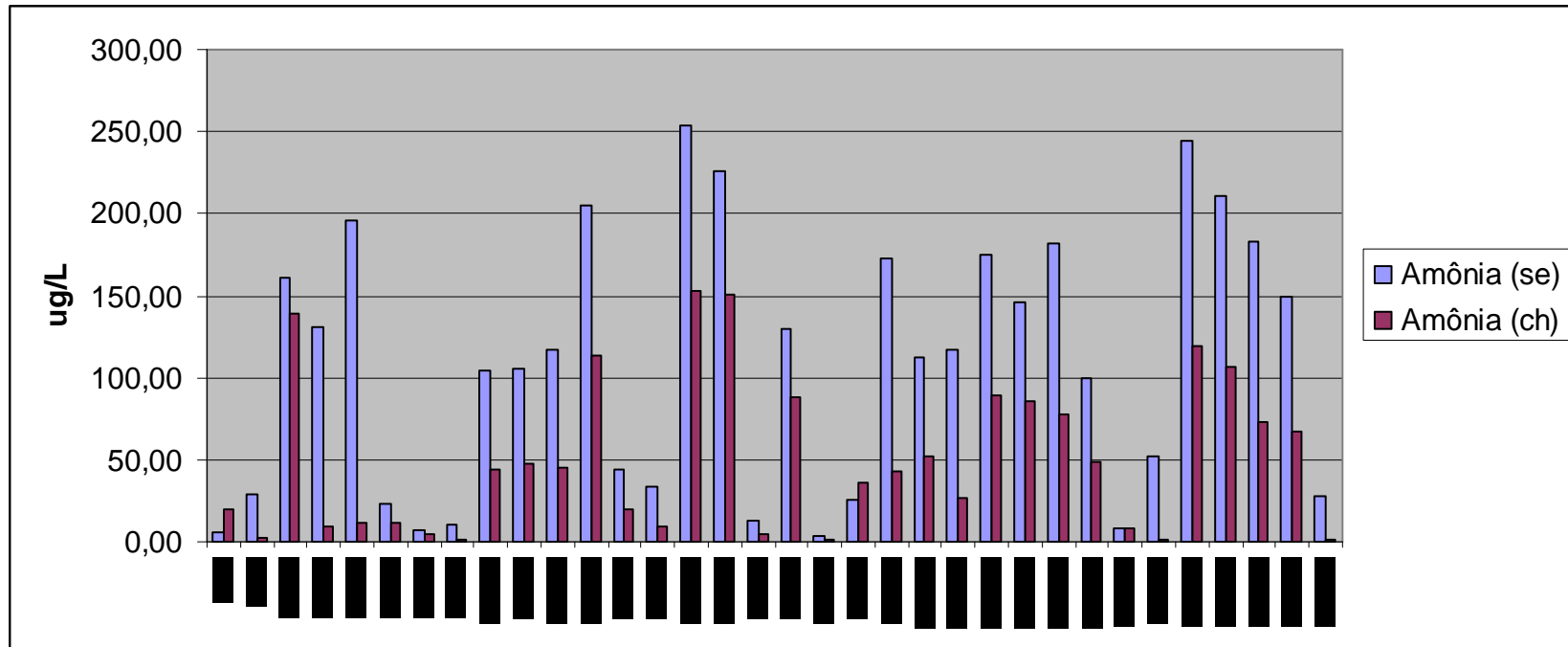


Figura 31. Concentrações de amônia nos igarapés de Porto Velho – RO.

Rússia ($500 \mu\text{g.L}^{-1}$) e da União Européia (de 40 a $1000 \mu\text{g.L}^{-1}$) (WHO, 1996). Concentrações acima de $250 \mu\text{g.L}^{-1}$ podem afetar o crescimento de peixes, podendo ser letais ao ultrapassar $500 \mu\text{g.L}^{-1}$ (ESTEVES, 1998).

Embora as concentrações de amônia estejam dentro dos intervalos propostos pela legislação ambiental nacional, não se pode ignorar o fato de terem sido elevadas quando comparadas com as obtidas anteriormente no igarapé Belmont.

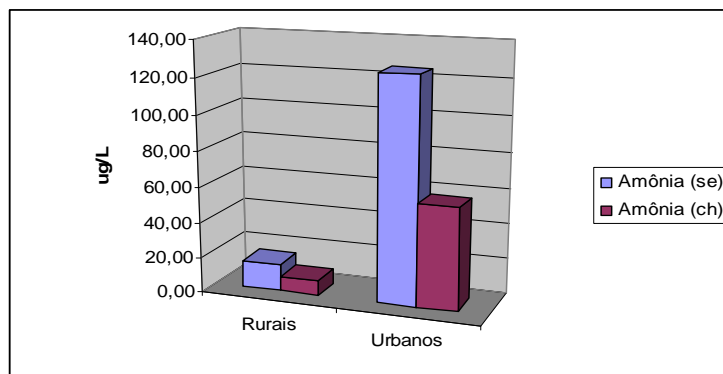


Figura 32. Concentrações médias de amônia nos igarapés urbanos e rurais de Porto Velho – RO.

Os teores de nitrito não obtiveram o mesmo comportamento que os de amônia quanto à questão da sazonalidade, de maneira que 19 locais apresentaram maiores valores no período seco e 15, no chuvoso (Figura 33).

Castro Neto et al (1999), determinaram teores de nitrito que variaram de 2,00 a $35,00 \mu\text{g.L}^{-1}$ no igarapé Bate-Estacas. Carvalho et al (2004), detectaram concentrações de até $179,00 \mu\text{g.L}^{-1}$ em áreas do ribeirão Ubá, que recebem o descarte dos esgotos domésticos da cidade de Ubá (MG). Horbe et al (2005), encontraram valores inferiores a $5,00 \mu\text{g.L}^{-1}$ em todas as dezessete amostras coletadas em igarapés da área rural de Manaus.

No Canadá o valor máximo permitido de nitrito em águas destinadas à pesca e à vida aquática é de $60,00 \mu\text{g.L}^{-1}$; Na Rússia, $80,00 \mu\text{g.L}^{-1}$ e em países da União Européia, $30,00 \mu\text{g.L}^{-1}$ (WHO, 1996).

Nos igarapés urbanos de Porto Velho foram encontrados níveis de até 317,36 (seca) e $397,41 \mu\text{g.L}^{-1}$ (chuva) nos pontos P22BEL e P17TAN, respectivamente. Ainda assim, todos encontram-se abaixo do proposto pela Resolução CONAMA 357 (2005)

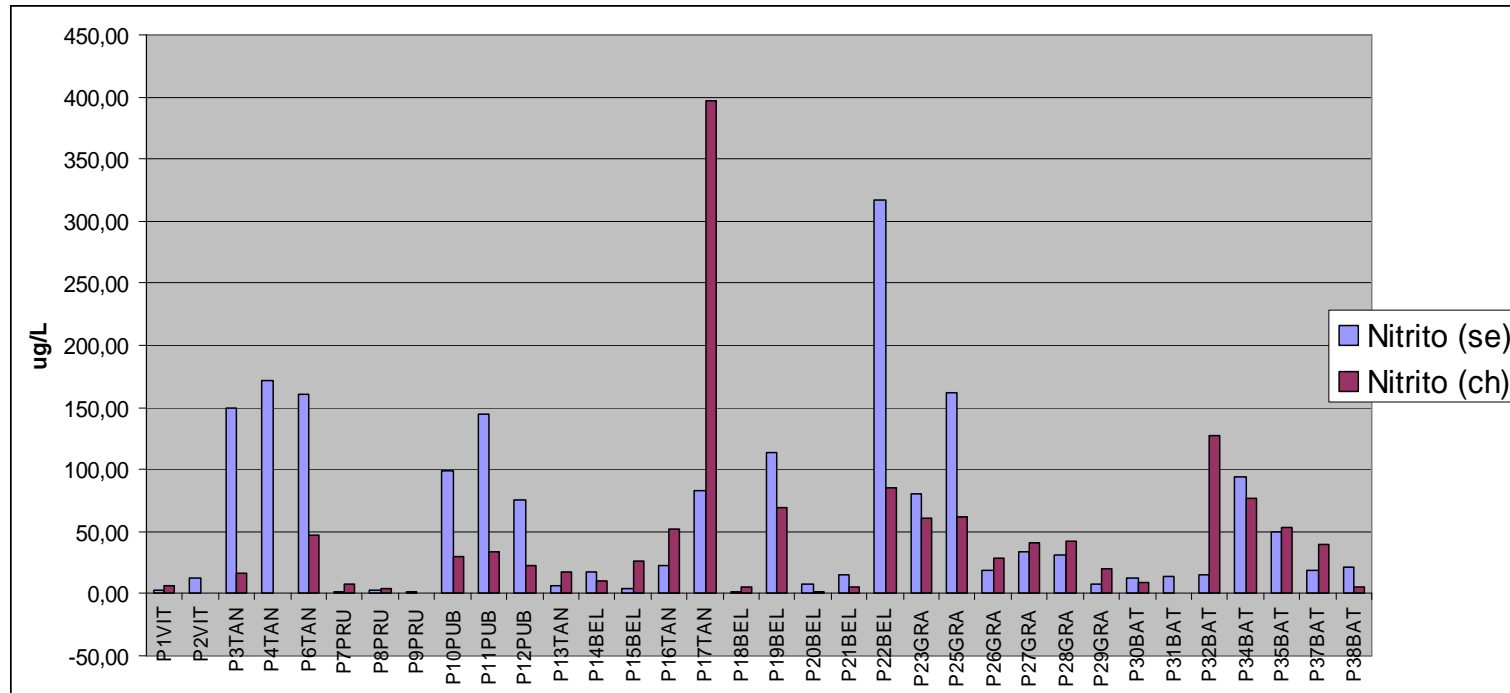


Figura 33. Concentrações de nitrito nos igarapés de Porto Velho – RO.

(1000,00 $\mu\text{g.L}^{-1}$), enquadrando-se inclusive na classificação de corpos de água doce Classe 1. Mas não podem ser considerados baixos quando comparados aos resultados pretéritos registrados em igarapés regionais. Os valores de nitrito em águas naturais geralmente são muito baixos, aproximadamente 1,00 $\mu\text{g.L}^{-1}$ (WHO, 1996).

As concentrações de nutrientes estão freqüentemente relacionadas ao grau de poluição doméstica, industrial ou agropecuária de um ecossistema aquático. Efetivamente, os altos índices no meio hídrico, traduzem excesso de importação de nutrientes e coincidem, geralmente, com situações de eutrofização avançada. Porém, não se pode chegar à conclusão inversa quando se medem baixos teores de nutrientes nas águas (CARMOUZE, 1994).

Um exemplo disso são as concentrações de amônia e nitrito encontradas no P25GRA no período chuvoso, que foram no mínimo 50% menores do que as medidas no período seco (apêndices 3 e 4) e, ainda assim, foi observado um ambiente altamente eutrofizado (Figura 34). Isto pode traduzir o fato de que os elementos biogênicos poderiam estar sendo utilizados de maneira tão eficiente pela biota, que as formas inorgânicas dissolvidas foram mantidas num nível mais baixo no meio.



Figura 34. Processo de eutrofização no igarapé Grande no período chuvoso, ponto P25GRA.

Dentre os compostos nitrogenados, a amônia apresentou maiores concentrações na maioria dos pontos nos dois períodos, provavelmente porque também é produto de excreção direta dos seres vivos. Além disso, a oxidação de NH_4^+ libera NO_2^- e, posteriormente, NO_3^- , o que pode justificar os menores valores de nitrito por se tratar de uma fase intermediária. (HORBE et al, 2005).

Exemplos de fontes antropogênicas que podem elevar os teores dos compostos nitrogenados nos ecossistemas aquáticos são os fertilizantes agrícolas, resíduos de animais domésticos e excrementos humanos (FELIX & CARDOSO, 2004).

7.4.2. Fósforo total (P total) e fosfato inorgânico dissolvido (P orto)

Os valores de P total tiveram uma amplitude de 16,71 a 2.117,43 $\mu\text{g.L}^{-1}$ (apêndice 3) na seca e de 7,57 a 696,14 $\mu\text{g.L}^{-1}$ na cheia, observando-se concentrações mais elevadas no período seco (Figura 35).

As maiores e as menores concentrações de P total nos dois períodos foram observadas nos pontos P13TAN e P20BEL, respectivamente. Ambos têm em comum o fato de se tratar de duas nascentes; a primeira, do igarapé Tanques e a segunda, do igarapé Belmont. No entanto, às margens do P20BEL é realizado um trabalho de revitalização da área por um grupo de escoteiros (MENEZES, 2007), enquanto que o P13TAN recebe grande quantidade de efluentes domésticos e comerciais, assumindo características de esgoto a céu aberto (Apêndices 5 e 6).

No período seco, 50% das amostras apresentaram concentrações superiores a 100,00 $\mu\text{g.L}^{-1}$ e no período chuvoso apenas 17,6 % excederam este valor. As maiores médias foram observadas para os pontos localizados na zona urbana (Figura 36), corroborando com o trabalho de Menezes (2007) no igarapé Belmont, no qual a zona urbana apresentou a média de 90,84 $\mu\text{g.L}^{-1}$ e a rural de 32,44 $\mu\text{g.L}^{-1}$.

O valor médio dos cinco pontos rurais no período seco (88,0 $\mu\text{g.L}^{-1}$) foi considerado alto quando comparado às médias dos três pontos rurais estudados por Menezes (2007) (26,62; 28,88 e 33,96 $\mu\text{g.L}^{-1}$). O que contribuiu para tal média foi o valor de 308,14 $\mu\text{g.L}^{-1}$ no ponto P1VIT, que sofre influência direta dos tanques de decantação de uma Indústria Frigorífica localizada a poucos metros dali.

Segundo relatos de membros da Associação dos Pequenos Chacareiros do Belmont (APECHACOB) que moram às margens do igarapé e próximo ao ponto P1VIT, antes da instalação dos tanques, o trecho do igarapé era utilizado para abastecimento doméstico, pesca e balneabilidade. Após a instalação, ocorreram mudanças abruptas no mesmo, como excessiva proliferação de macrófitas e desaparecimento de peixes, provavelmente causadas pelo aporte de rejeitos oriundos da indústria (Figuras 37 e 38). Os restos de animais, presentes nos tanques de decantação, constituem uma importante fonte de P total para os corpos d'água (ROCHA et al, 2004).

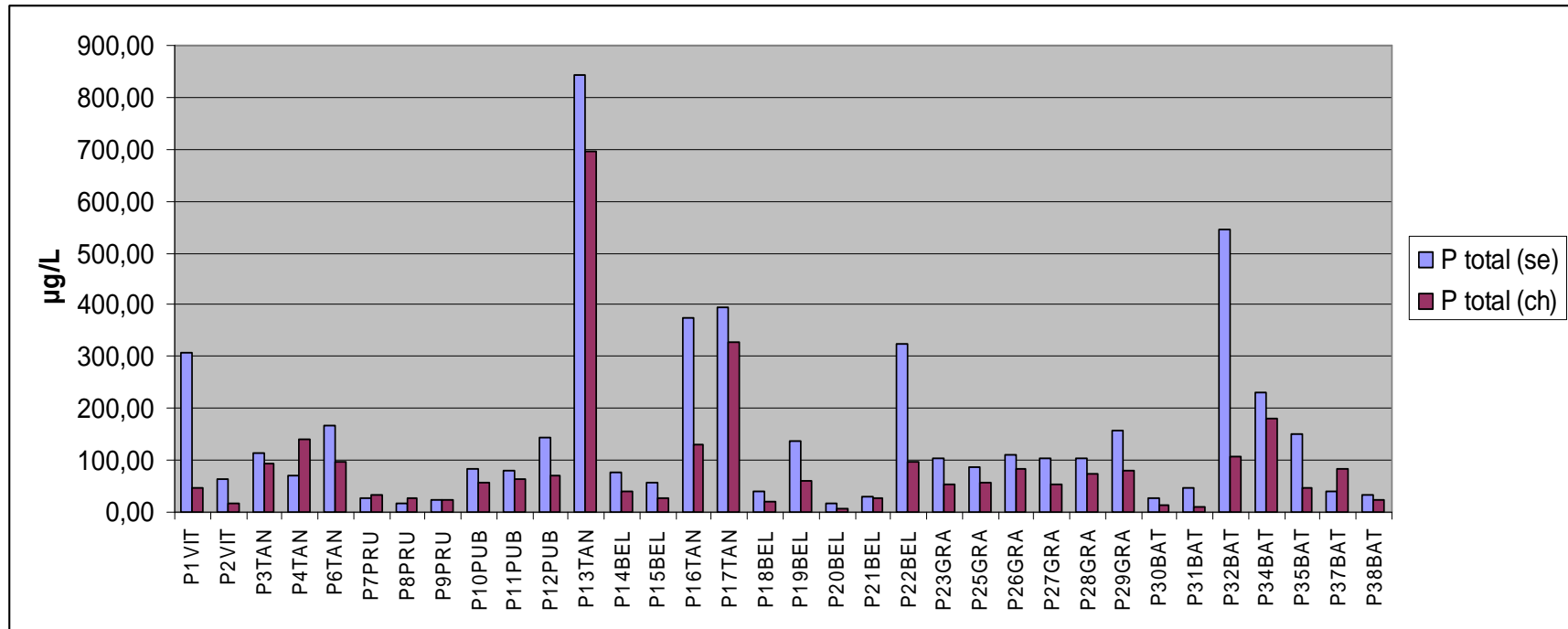


Figura 35. Concentrações de P total nos igarapés de Porto Velho – RO.

Quando comparadas ao valor de P total estabelecido pela Resolução CONAMA 357 (2000) para ambientes aquáticos lóticos de Classe 3 ($150,0 \mu\text{g.L}^{-1}$), observa-se que 20,58% das amostras analisadas estão acima deste.

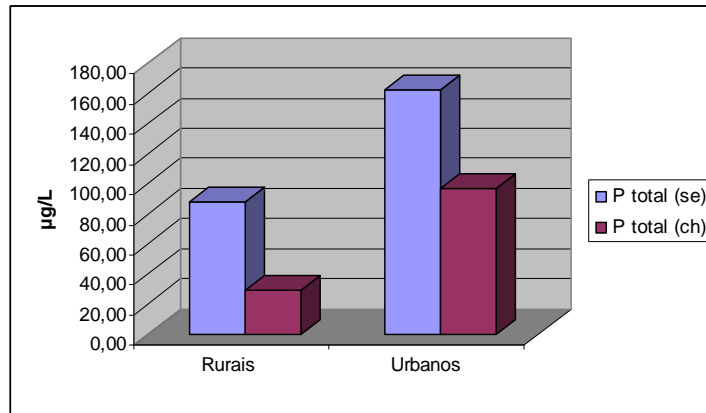


Figura 36. Concentrações médias de P total nos igarapés urbanos e rurais de Porto Velho.



Figura 37. Tanque de decantação da indústria frigorífica próxima ao PIVIT.



Figura 38. Pontos localizados à montante (a) (P5VIT) e à jusante (b) (PIVIT) dos tanques de decantação.

Os teores médios de ortofosfato, assim como os de amônia e de P total, foram maiores no período seco, indicando diluição desses íons em consequência do aumento dos índices pluviométricos. Os pontos P13TAN, P16TAN, P17TAN, P22BEL, P32BAT e P34BAT apresentaram valores acima de $100,00 \mu\text{g.L}^{-1}$, atingindo até $566,25 \mu\text{g.L}^{-1}$ na zona urbana (Figuras 39 e 40).

A fonte primária de fosfato para os ecossistemas aquáticos continentais está nas rochas das bacias de drenagem, de maneira que o aumento no aporte de fosfato em um corpo d'água está diretamente ligado ao tipo de uso e ocupação da bacia (ROCHA et al, 2004).

Exemplos de minerais primários encontrados em depósitos de rochas, responsáveis pelos teores de fosfato, são a apatita $[\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4\text{CO}_3)_6(\text{F},\text{Cl},\text{OH})_2]$ (mais importante), a clorapatita $[\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{Cl}]$, a fluorapatita $[\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}]$ ou a vivianita $[\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}]$ (LEINZ & AMARAL, 1995).

Martinelli (1988), endossou que os rios de Rondônia são caracterizados por serem pobres em nutrientes dissolvidos, devido à pobreza de nutrientes das formações geológicas de suas bacias de drenagem, onde destacam-se o embasamento cristalino e alguns tipo de arenitos. Dessa forma, é coerente inferir que os valores elevados de fosfatos sejam de origem antrópica, pois a geologia da área de estudo não contribui para o incremento destes elementos nos igarapés, uma vez que não é comum na região a presença de minerais como os citados anteriormente.

Fatores naturais que permitem o aporte de fosfato na água são o material particulado presente na atmosfera e o fosfato resultante da decomposição de organismos de origem alóctone. Quanto às fontes artificiais, as mais importantes são: esgotos domésticos e industriais, material particulado de origem industrial contido na atmosfera, fertilizantes, anticorrosivos, aditivos e detergentes (apontado como o maior responsável pelo aporte artificial deste elemento nos corpos hídricos) (ESTEVES, 1998; ROCHA et al, 2004).

Segundo Esteves (1998), em corpos d'água tropicais os teores de fosfato dissolvido tendem a ser muito baixos devido às altas temperaturas, pois o metabolismo dos organismos aquáticos aumenta consideravelmente, fazendo com que o ortofosfato seja ainda mais rapidamente assimilado e incorporado na sua biomassa. Sendo assim, as maiores concentrações de ortofosfato (como no P13TAN, P32BAT e P34BAT) podem indicar ambientes impactados e propensos ao processo de eutrofização.

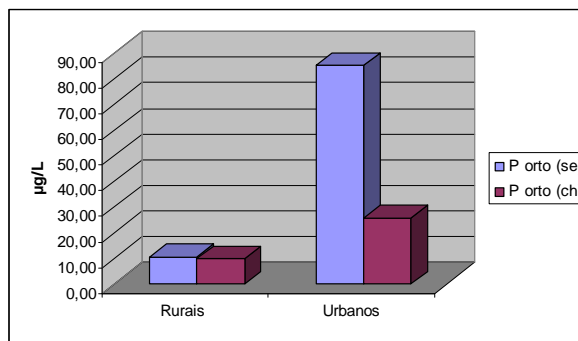


Figura 39. Concentrações médias de ortofosfato nos igarapés urbanos e rurais de Porto Velho – RO.

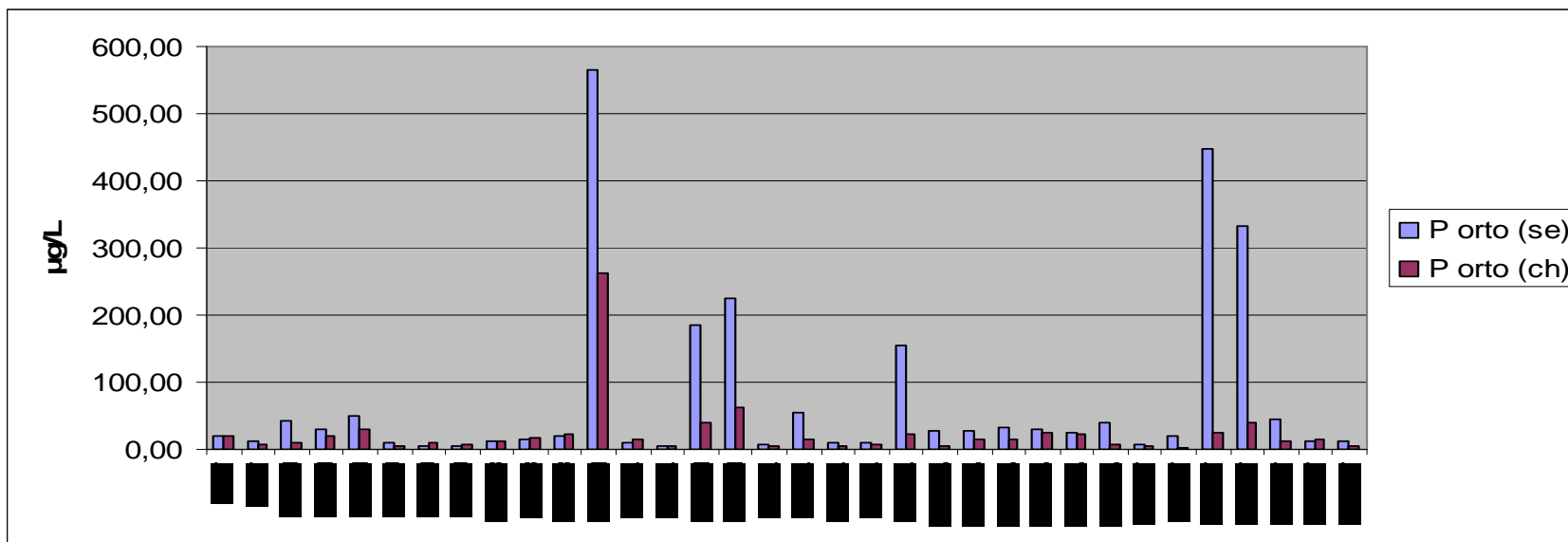


Figura 40. Concentrações de ortofosfato nos igarapés de Porto Velho – RO.

7.4.3. Relação entre nutrientes e ocupação às margens das microbacias

Merece destaque o comportamento das concentrações de nutrientes observadas nos pontos referentes à microbacia do igarapé Bate-Estacas, por se tratar do manancial onde é feita a captação de água para o abastecimento da Vila da Eletronorte e do 5º Batalhão de Engenharia e Construção no período chuvoso (5º BEC).

O P30BAT, que obteve os menores índices no período seco, corresponde a uma nascente desta microbacia. O P31BAT pode ter apresentado os menores valores no período chuvoso por se tratar de um ponto próximo a uma das nascentes e por estar localizado à montante do primeiro bairro da zona sul, denominado Aeroclube, o qual tem o segundo menor contingente populacional da região de abrangência do igarapé. Nesse bairro, 92,28% das residências utilizam a fossa séptica como meio de esgotamento sanitário, de maneira que as maiores pressões ocorrentes no local se devem às ações dos banhistas, através de práticas que deterioram o meio hídrico, como o descarte de resíduos orgânicos e inorgânicos.

As maiores concentrações ocorreram nos pontos P32BAT, P34BAT, P35BAT e P37BAT, sob influência de bairros com maior número de habitantes (Novo Horizonte, Caladinho, Castanheira e Eletronorte), sendo constatado, inclusive, a ocupação por palafitas às margens de alguns destes (Figuras 41 e 42).

Observou-se, porém, que no P38BAT, à jusante da captação de água pela CAERD (Figura 43), há uma diminuição desses valores, o que pode ser atribuído ao fator diluição, devido às características mais lóxicas neste trecho.

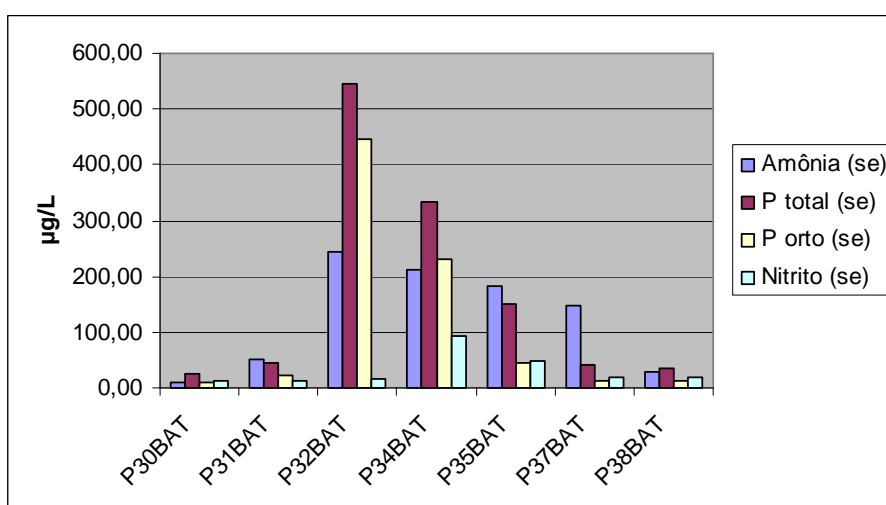


Figura 41. Concentrações de nutrientes no igarapé Bate-Estacas, no período de seca.

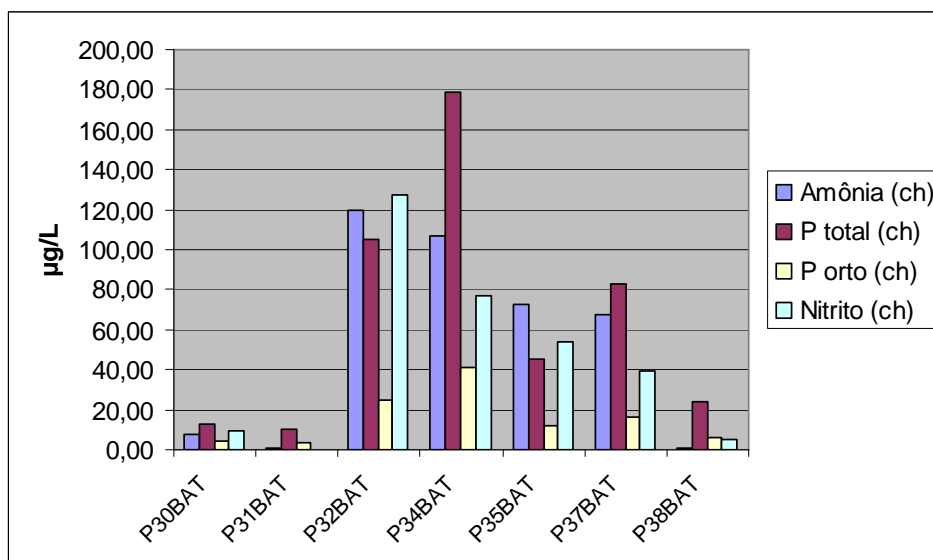


Figura 42. Concentrações de nutrientes no igarapé Bate-Estacas, no período de cheia.



Figura 43. Presença de palafitas no P34BAT (a), ponto à montante da captação de água e o ponto P38BAT (b), à jusante da captação.

Outro aspecto interessante são os maiores teores medianos de todos os nutrientes determinados no igarapé dos Tanques nos dois períodos (Figura 44). De acordo com o IBGE (2000), esse igarapé apresenta o maior número de domicílios em suas margens, equivalente à 15.588, dos quais 2,02% utilizam o próprio igarapé como local de destino final de esgotos domésticos. 5,65% desse total descartam seus esgotos domésticos em valas que acabam, por sua vez, sendo destinadas também para o corpo hídrico.

Há ainda a contribuição de 1,02% dessas casas, que despejam o lixo diretamente na calha do igarapé e também em terrenos baldios (2,30%). Com o aumento das chuvas, esses resíduos despejados em terrenos baldios, contribuem para a elevação da carga de poluentes na coluna d'água através do processo de escoamento superficial. Outro

diferencial do igarapé Tanques dos demais, é que este recebe uma elevada carga orgânica de hospitais próximos à microbacia (MARQUES et al, 2004).

O dendograma de similaridade, realizado a partir dos dados de serviços de saneamento básico prestados para a população residente nas margens das microbacias, mostrou que há uma maior relação entre a infra-estrutura da população dos igarapés Grande e Belmont. Esta similaridade pode ser associada ao fato destas populações terem porcentagens semelhantes de destinação final de esgotos em redes de esgotamento, fossa séptica e, ainda, de destinação final de lixo queimado e enterrado. Como mencionado anteriormente, o igarapé Tanques pode ter se diferenciado no agrupamento, por ter maior porcentagem de moradores que jogam resíduos no igarapé, além do maior número de habitantes às margens (Figura 45).

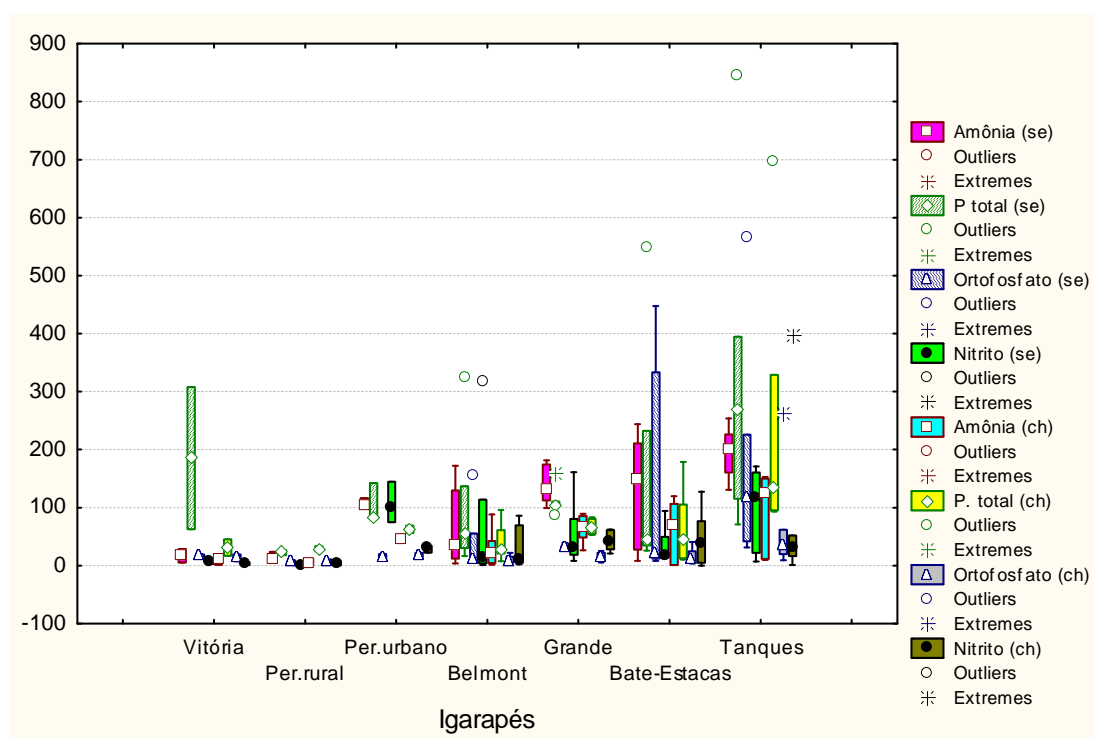


Figura 44. Concentrações médias de nutrientes ($\mu\text{g.L}^{-1}$) nos igarapés de Porto Velho - RO.

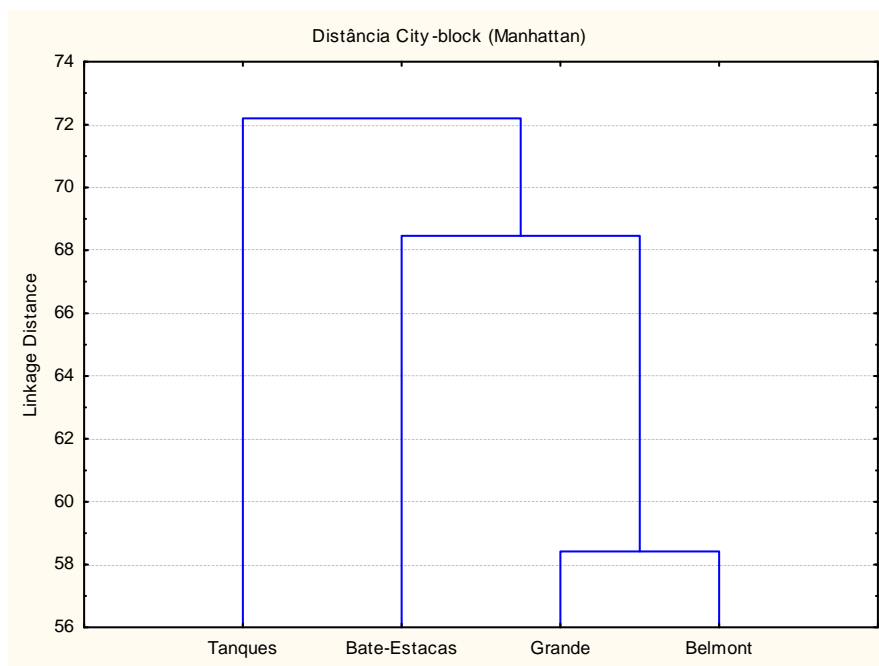


Figura 45. Dendrograma de similaridade quanto às condições de infra-estrutura (esgotamento sanitário, coleta de lixo e abastecimento de água) da população residente às margens dos igarapés.

Cabe aqui salientar que, em Porto Velho, dos 369.345 habitantes (IBGE, 2007), somente 8.051 contam com o serviço de esgotamento sanitário, ou seja, apenas 2,17% da população (SNIS, 2006).

Os dados físico-químicos, bacteriológicos e de nutrientes, reforçam que os igarapés estão deteriorados em função do quadro precário de infra-estrutura da cidade, pois acabam servindo como pontos de lançamento de efluentes oriundos das atividades desenvolvidas em suas áreas de entorno.

Em 2007, Porto Velho recebeu o maior repasse de verbas federais da história através da aprovação do projeto “Saneamento e Urbanização de Favelas” pelo Programa de Aceleração do Crescimento (PAC). Foi repassado para o município, o valor de R\$ 645,4 milhões, para investimentos em obras de infra-estrutura e de recuperação ambiental de bacias hidrográficas em estado crítico. Deste total, R\$ 227 milhões deverão ser usados para a urbanização e construção de casas populares para as famílias que moram às margens dos igarapés Santa Bárbara, Grande, dos Tanques, da Penal, do Tancredo, do Caladinho, do Gurgel, do Pantanal, do Castanheira, do São Tomé e do Bate-Estacas; e R\$ 114,8 milhões serão destinados para a elaboração e implantação dos sistemas de esgotamento sanitário da cidade (Prefeitura Municipal de Porto Velho, 2007).

Dessa forma, os resultados obtidos constituem-se em um importante banco de dados, que possibilitará comparações para futuros estudos de monitoramento ambiental nos igarapés da cidade, após o término das obras do governo federal e municipal.

7.5. Análise das Componentes Principais (ACP)

7.5.1 Período de seca

Os pesos fatoriais atribuídos a cada componente, bem como a porcentagem da variância total explicada por cada componente, podem ser visualizados na tabela 20. Verifica-se que as três primeiras componentes explicaram respectivamente 42,46; 16,26 e 13,70% da variância, concentrando em três dimensões 72,42% da variação total dos dados. A tabela mostra ainda os valores dos pesos fatoriais para as três componentes. As componentes expressam a relação entre fatores e variáveis e permitem a identificação das variáveis com maiores inter-relações em cada uma delas.

Na primeira componente, as variáveis condutividade, amônia, fosfato total e fosfato dissolvido apresentaram um peso superior a 0,80, indicando que estas variáveis são as mais significativas na definição da qualidade das águas estudadas, sendo esta denominada componente antropogênica. O aumento das concentrações de íons amônio e fosfatos nos corpos d'água superficiais estão geralmente relacionados às descargas de efluentes domésticos, uma vez que estes possuem grandes quantidades de nitrogênio e fósforo total. O aporte desses íons pode provocar mudanças em algumas características físico-químicas da água, como o aumento nos valores de pH e condutividade.

Biggs et al (2006), afirmam que as vertentes de água urbanizadas têm concentrações substancialmente elevadas de nitrogênio e de fósforo e que as fontes pontuais dominam sobre as difusas. Bollmann & Marques (2006), ressaltam que em bacias com ocupação predominantemente urbana, o enriquecimento por nitrogênio e fósforo é uma das principais causas de degradação da água. Estimula o crescimento de algas ou plantas aquáticas que poderão desequilibrar a oferta de oxigênio dissolvido, reduzindo a diversidade biológica e prejudicando o uso para o abastecimento.

A segunda componente pode ser associada aos processos naturais porque apresentou as maiores cargas para a temperatura do ar e a temperatura da água. As altas temperaturas médias do ar encontradas na região amazônica influenciam no aumento da

temperatura da água que, por sua vez, podem contribuir para um decréscimo das concentrações de oxigênio dissolvido no meio hídrico.

A terceira componente apresentou os maiores pesos para as variáveis coliformes não fecais e nitrito e foi caracterizada como componente de poluição orgânica. O nitrito é um produto intermediário da redução de nitrato a amônia por bactérias como *Enterobacter* e *Escherichia coli* e em elevadas concentrações atua, portanto, como um indicador de alta atividade bacteriana nas águas. Segundo Carmouze (1994), altos índices de nitrito indicam poluição orgânica e podem estar relacionados à grande quantidade de coliformes.

A figura 46 mostra que houve separação dos pontos P7PRU, P8PRU e P9PRU, situados na área rural do igarapé Periquitos, provavelmente por terem apresentado as menores concentrações médias dos parâmetros estudados. Foi formado um grupo com os pontos P31BAT (“Banho da Fazenda”), P2VIT (igarapé Vitória – área rural) e P20BEL (nascente do Belmont), que apresentaram valores intermediários de nutrientes quando comparados aos outros locais estudados.

Tabela 20. Matriz do peso fatorial das variáveis nas três componentes principais no período de seca.

Variáveis	Comp. 1	Comp. 2	Comp. 3
Temp. ar	-0,4357	-0,7696	0,0644
Temp. água	-0,2056	-0,6466	0,2794
Condutividade	-0,8447	0,2804	0,0998
pH	-0,7473	0,4122	0,1372
Amônia	-0,8190	0,3741	-0,1458
P total	-0,8380	-0,0768	-0,4883
P orto	-0,8022	-0,1089	-0,5294
Nitrito	-0,4137	0,3835	0,5628
DQO	-0,6001	-0,4461	0,0186
Coliformes fecais	-0,6748	-0,1159	0,2305
Coliformes não fecais	-0,4033	-0,1086	0,6971
% Variância explicada	42,46	16,26	13,70
% Variância acumulada	42,46	58,71	72,42

Houve ainda a separação dos pontos referentes ao igarapé Grande (P23GRA, P25GRA, P26GRA, P27GRA e P28GRA) que podem ter sido assim agrupados por também terem obtido elevadas concentrações de amônia e fósforo total. Além desse fator, a população residente às margens do igarapé Grande foi a segunda a apresentar as maiores

deficiências quanto à cobertura sanitária. De um total de 11533, 189 domicílios existentes no entorno do igarapé despejam seus dejetos provenientes de esgotos no mesmo e 819 em valas; 156 descartam o lixo nesse igarapé e 588 em terrenos baldios. O P29GRA pode ter se distanciado destes por se tratar da nascente deste, embora também tenha apresentado sinais evidentes de degradação (como presença de lixo e recebimento de esgoto).

O P13TAN, nascente do igarapé Tanques, foi isolado na primeira componente por ter apresentado as maiores concentrações de fósforo total e fosfato dissolvido, parâmetros estes que obtiveram cargas mais elevadas nessa componente.

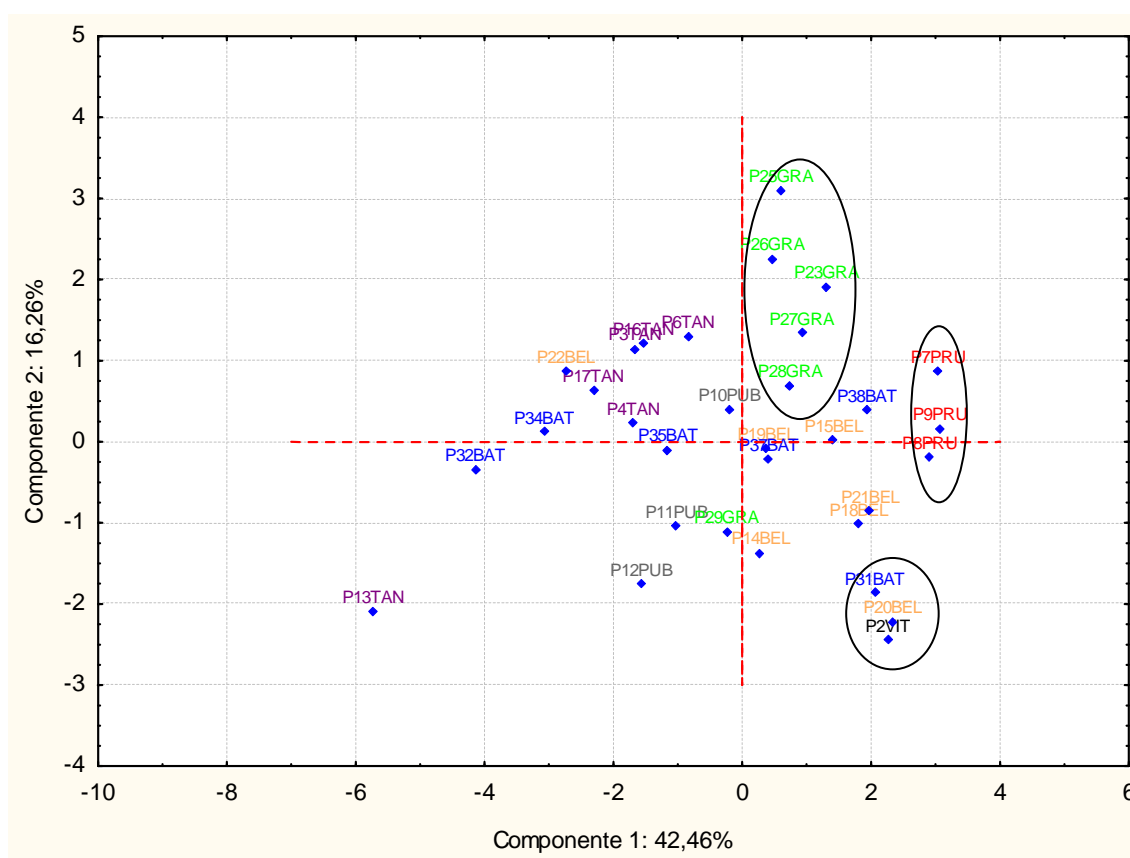


Figura 46. Distribuição espacial dos pontos nas duas componentes principais no período de seca.

7.5.2. Período chuvoso

Os resultados obtidos das estimativas das cargas fatoriais e das comunalidades encontram-se na tabela 21. A primeira componente explicou 46,02% da variabilidade dos dados com cargas mais elevadas para condutividade, fósforo total e amônia, reforçando a importância dessas variáveis na qualidade da água.

A segunda componente obteve 19,97% da variância e mostrou uma correlação entre a temperatura do ar e a carga de DQO, o que pode ser associado com o fato de que o aumento da temperatura do ar pode implicar no aumento da temperatura da água, induzindo a uma maior taxa de decomposição da matéria orgânica, devido principalmente à atividade microbiana.

Não houve separação de pontos tão evidente como no período de seca, porém foram associados quatro pontos da zona rural (P7PRU, P8PRU, P9PRU e P1VIT) com um ponto (P6TAN) da zona urbana, correspondente ao ponto do igarapé dos Tanques situado na área do parque circuito da cidade (Figura 47).

Tabela 21. Matriz do peso fatorial das variáveis nas três componentes principais no período chuvoso.

Variáveis	Comp. 1	Comp. 2	Comp. 3
Temp. ar	0,0107	0,7153	-0,4769
Temp. água	-0,4776	0,5080	-0,6171
Condutividade	-0,8982	-0,0232	-0,0616
pH	-0,6441	0,0596	0,4762
Amônia	-0,8448	0,2916	0,1365
P total	-0,8615	-0,4018	-0,2749
P orto	-0,7583	-0,5254	-0,3014
Nitrito	-0,5319	0,2726	-0,0005
DQO	-0,6146	-0,7049	-0,1044
Coliformes fecais	-0,6627	0,4859	0,2238
Coliformes não fecais	-0,6939	0,3053	0,4387
% Variância explicada	46,02	19,97	11,61
% Variância acumulada	46,02	66,00	77,61

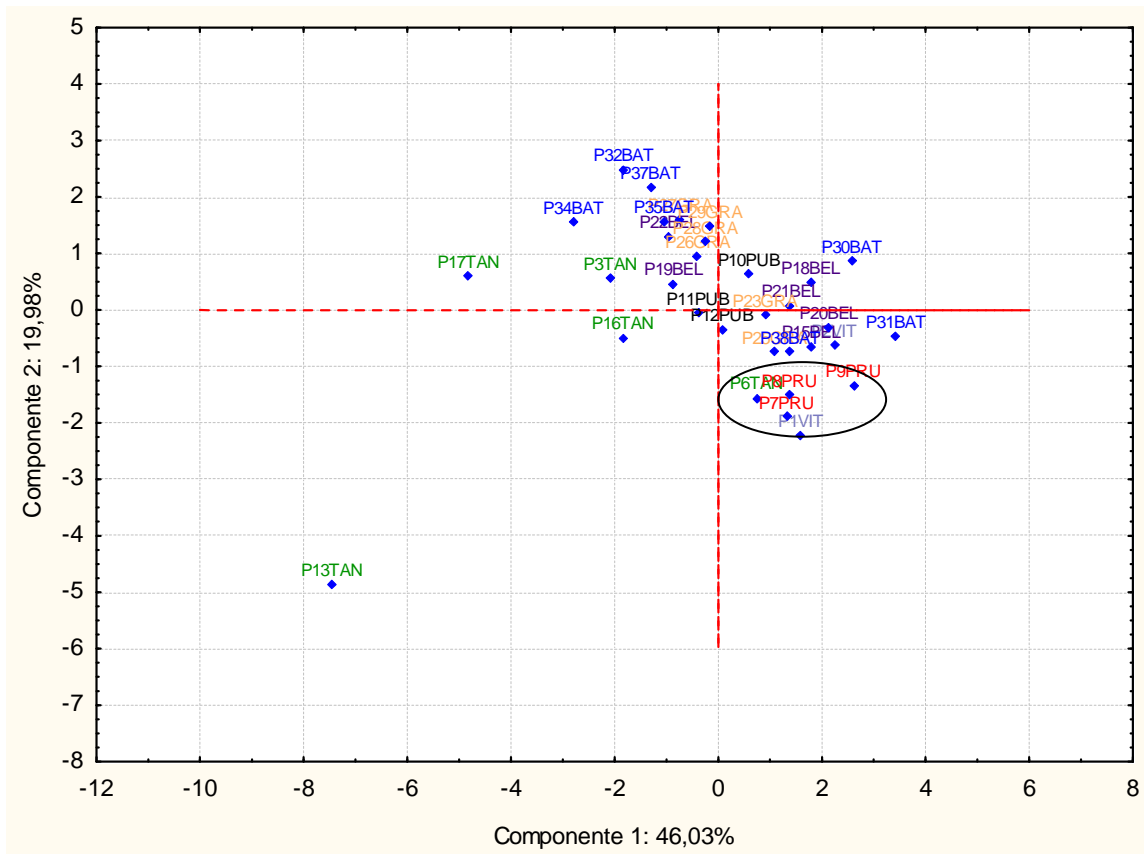


Figura 47. Distribuição espacial dos pontos nas duas componentes principais no período chuvoso.

8. CONCLUSÃO

A partir das etapas desenvolvidas neste trabalho, tais como observações de campo acerca das condições físicas dos igarapés e da infra-estrutura existente no entorno destes e, principalmente a partir dos resultados obtidos nas análises laboratoriais das amostras de água, constatou-se que a qualidade das águas superficiais da cidade de Porto Velho – RO está seriamente comprometida pelas atividades desenvolvidas ao longo dessas microbacias.

Os parâmetros físico-químicos mostraram que os seis pontos estudados utilizados para balneabilidade, pesca e uso doméstico, encontram-se com os teores de oxigênio dissolvido abaixo de $5,0 \text{ mg.L}^{-1}$, valor mínimo proposto pela Resolução CONAMA 357 (2005) para águas de classe 2. Quanto aos demais locais, 29% das amostras não atendem sequer o valor de OD de $2,0 \text{ mg.L}^{-1}$, estabelecido para águas de classe 4.

Quanto às concentrações de coliformes fecais, os pontos dos igarapés Vitória (P5VIT), Periquitos - área rural (P7PRU, P8PRU, P9PRU) e Bate-Estacas (P38BAT), foram considerados impróprios para balneabilidade, de acordo com a Resolução CONAMA 357 (2005). Os baixos índices de elementos-traço detectados nas amostras de água, permitem inferir que não há contaminação por estes elementos.

O fósforo total e a amônia foram os elementos mais abundantes em ambos os períodos sazonais e, de maneira geral, as concentrações de nutrientes foram maiores no período de estiagem, sugerindo que com o aumento da precipitação há diluição dos íons presentes na coluna d'água, oriundos principalmente do descarte de efluentes domésticos.

Dentre as microbacias estudadas, o Igarapé dos Tanques apresentou condições mais críticas quanto aos parâmetros analisados, com menores valores de OD, altos índices bacteriológicos e concentrações medianas mais elevadas de nutrientes, o que pode ser atribuído às condições de infra-estrutura ao longo do mesmo.

O uso da técnica de análise fatorial permitiu confirmar as condições de deterioração da qualidade da água dos igarapés urbanos e mostrou que os pontos do igarapé Periquitos localizados na área rural, apresentaram características diferentes dos seus pontos da área urbana, indicando uso menos intensivo do solo nesta parte da microbacia devido à menor densidade demográfica.

Os resultados obtidos levam a crer que um dos principais fatores relacionados à degradação dos cursos d'água de Porto Velho é a falta de infra-estrutura em grande parte da cidade, principalmente no que concerne aos serviços de esgotamento sanitário.

Tais dados servirão de base para trabalhos que venham a ser realizados nos igarapés após a instalação do sistema de coleta, tratamento e disposição final de esgoto sanitário na cidade. De acordo com a Secretaria de Estado do Planejamento e Coordenação Geral – SEMPLAN, as obras de instalação têm o início previsto para o ano 2010. Dessa maneira, através do monitoramento ambiental nestes sistemas aquáticos, será possível averiguar os benefícios trazidos por tais serviços, não só para a população como também para o meio ambiente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAMY, A.; PEREIRA, R. A. C. **Projeto Ouro Gemas frente Rondônia**. Porto Velho: CPRM/DNPM, 1991.
- ALBUQUERQUE, E. S.; ALVES, L. A. M.; MAIA, M. B. R. **Parque Natural Municipal de Porto Velho – Diagnóstico de uma realidade**. Porto Velho, RO: UNIR, 2001. Originalmente como Monografia (curso de Geografia) - Fundação Universidade Federal de Rondônia.
- ANDRADE, E. M. et al. Fatores determinantes da qualidade das águas superficiais na bacia do Alto Acaraú, Ceará, Brasil. **Ciência Rural**, v.37, n.6, 2007.
- APHA (American Public Health Association) - **Standard methods for examination of water and wastewater**. ed 20. Washington: AWWA. 1998. 1530p.
- AQUINO, S. F.; SILVA, S. Q.; CHERNICHARO, C. A. L. Considerações práticas sobre o teste de demanda química de oxigênio (DQO) aplicado a análise de efluentes anaeróbios. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, vol. 11, n. 4, p. 295-304, 2006.
- AZEVEDO, F. A. **Toxicologia do Mercúrio**. 3. ed. São Paulo: Rima, 2003. 272 p.
- BAHIA, M. A. S. **Caracterização biogeoquímica de águas subterrâneas da zona urbana de Porto Velho – RO**. Belém, PA: UFPA, 1997. Originalmente como Dissertação de Mestrado (Curso de Pós Graduação em Geologia e Geoquímica - Centro de Geociências) - Universidade Federal do Pará.
- BAIRD, C. **Química Ambiental**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman. 2002. 300p.
- BASTOS, W.R.; MALM, O.; PFEIFFER, W. C.; CLEARY, D. Establishment and analytical quality control of laboratories for Hg determination in biological and geological samples in the Amazon – Brazil. **Science and Cultural Journal of the Brazilian**, vol. 50, n. 4, p. 255-260, 1998.
- BENDATI, M. M. A.; DICK, T. Avaliação das concentrações de Cd, Cr, Pb, Cu e Zn em água, sedimento e *Neocorbicula limosa* (Mollusca:Bivalvia) no sistema do Guaíba (RS). In: **VI CONGRESSO BRASILEIRO DE LIMNOLOGIA**, 1997, São Carlos.
- BIGGS, T.W.; DUNNE, T.; MARTINELLI, L. A. Natural controls and human impacts on stream nutrient concentrations in a deforested region of the Brazilian Amazon basin. **Biogeochemistry**, vol. 68, n. 2, p. 227-257, 2004.
- BOLLMANN, H. A.; MARQUES, D. M. L. M. Influência da densidade populacional nas relações entre matéria orgânica carbonácea, nitrogênio e fósforo em rios urbanos situados em áreas com baixa cobertura sanitária. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, vol.11, n. 4, p. 343-352, 2006.
- BRUNO, A. P. S. **Concentração de metais pesados e elementos-traço em dois trechos da planície de inundação do baixo curso rio Jaboatão, Pernambuco, Brasil**. Recife, PE: UFPE, 2005. Originalmente como Dissertação de mestrado (Geociências) - Universidade Federal de Pernambuco. Disponível

em:<http://www.bdt.d.ufpe.br/tedeSimplificado//tde_busca/arquivo.php?codArquivo=1082> Acesso em: agosto. 2008.

CALLEGARI-JACQUES, S. M. **Bioestatística: Princípios e aplicações**. Porto Alegre: Artmed. 2004.

CANÇADO, V. L.; COSTA, G. M. A política de saneamento básico: Limites e possibilidades de universalização. In: SEMINÁRIO SOBRE A ECONOMIA MINEIRA, 10., 2002, Belo Horizonte. **Anais Economia Mineira**. Belo Horizonte: UFMG, 2002. p. 1-27.

CARVALHO, C. F.; FERREIRA, A. L.; STAPELFELDT, F. Qualidade das águas do ribeirão Ubá- MG. **Revista Escola de Minas- REM**, vol.57, n.3, 2004.

CASTRO NETO, A. T. et al. **Qualidade e utilização das águas do igarapé Bate-Estacas em Porto Velho – RO**. Porto Velho, RO: UNIR, 1999. Originalmente como Monografia de especialização (Pós-Graduação *Latu Sensu* em Análise Ambiental) - Universidade Federal de Rondônia.

CENTRAN. **Centro de Excelência em Engenharia de Transportes**. Disponível em: <http://www.centran.eb.br/br_280_04.htm>. Acesso em: Nov. 2008.

CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Guia de coleta e preservação de amostras de água e solo**. São Paulo, 1987, 197p.

_____. **Controle e garantia da qualidade nas análises microbiológicas de águas para consumo humano – Procedimentos e Critérios**. Série Relatórios. São Paulo, 2007.

CHAVES, R. C. P. **Avaliação do teor de metais pesados na água tratada do município de Lavras - MG**. Lavras: Minas Gerais: UFLA, 2008. Originalmente como Dissertação de Mestrado - Universidade Federal de Lavras.

CLETO FILHO, S. E. N. Urbanização, poluição e biodiversidade na Amazônia. **Ciência Hoje**, vol. 33, n.193, 2003.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução 274 de 2000**.

_____. **Resolução 357 de 2005**.

CORTECCI, G., 2002. *Geologia e Saúde*. In: www.cprm.gov.br/pgagem/geosaude.pdf. São Paulo. Brasil.

CPRM. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. **Uso e ocupação do solo e levantamento preliminar dos aspectos ambientais na região de Porto Velho – RO**. Porto Velho – RO, 1997.

DANIEL, M. H. B. et al. Saneamento básico e ocorrência de doenças de transmissão hídrica em população de baixa renda no Paranoá/Distrito Federal - uma análise bioética. **Revista Saúde Distrito Federal**, vol. 15, n.3/4, p. 39-50, 2004.

- ELAGE, C. S. et al. **Impactos ambientais na bacia do igarapé dos Tanques, face à urbanização de Porto Velho**. Porto Velho, RO: UNIR, 1998. Monografia de especialização (Pós-graduação Lato Sensu em Análise Ambiental) - Universidade Federal de Rondônia.
- ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. 2 ed. Rio de Janeiro: Interciência. 1998. 548 p.
- FELIX, E. P.; CARDOSO, A. A. Amônia (NH₃) atmosférica: Fontes, transformação, sorvedouros e métodos de análise. **Química Nova**, vol. 27, n. 1, p.123-130, 2004.
- FUNASA. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de Saneamento**. 3 ed. Brasília: Brasil. 2004.
- GEUS, J. A. M.; LIMA, I. A. Análise de coliformes totais e fecais: um comparativo entre técnicas oficiais Vrba e Petrifilm Ec aplicados em uma indústria de carnes. In: ENCONTRO DE ENGENHARIA E TECNOLOGIA DOS CAMPOS GERAIS, 2., 2008, Minas Gerais. **Encontro de Engenharia e Tecnologia**. Campos Gerais: MG, 2008.
- GIATTI, L. L. et al. Condições de saneamento básico em Iporanga, Estado de São Paulo. **Revista Saúde Pública**, vol. 38, n. 4, p. 571-577, 2004.
- GOLTERMAN, H. L. **Methods for physical and chemical analysis of fresh water**. Oxford: Blackwell Scientific Publications. 1969.
- GOLTERMAN, H. L.; CLYMO, R. S.; OHNSTAD, M. A. M. **Methods for Physical and Chemical Analysis of Fresh Waters**. 2. ed. Blackwell Scientific Publications. 1979. 213 p.
- GOMES, J. P. O. **Aplicação da análise de componentes principais e geoestatística no estudo hidrogeoquímico de elementos-traço nos sólidos em suspensão do alto rio Madeira**. Porto Velho, RO: UNIR, 2005. Monografia (curso em Ciências Biológicas) - Universidade Federal de Rondônia.
- GUEDES, J. A.; LIMA, R. F. S.; SOUZA, L. C., Metais pesados em água do rio Jundiá - Macaíba/RN. **Revista de Geologia**, vol. 18, n. 2, p.131-142, 2005.
- GUILHERME, L. R. G. et al. Elementos-traço em solos e sistemas aquáticos. **Tópicos Ciência do Solo**, vol. 4, n. 9, p.345-390, 2005.
- HEITZMANN Jr., J. F. **Alterações na composição do solo nas proximidades de depósitos de resíduos domésticos na Bacia do rio Piracicaba, São Paulo**. São Paulo, SP: ABGE, 1999. Série Síntese de tese n. 9 – CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental).
- HORBE, A. M. C. et al. Contribuição à hidroquímica de drenagens no município de Manaus – AM. **Acta Amazônica**, vol. 35, n. 2, p.119-124, 2005.
- HORBE, A. M. C.; OLIVEIRA, L. G. S. Química de igarapés de água preta do nordeste do Amazonas, Brasil. **Acta Amazônica**, vol. 38, n. 4, p. 753-760, 2008.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Manuais Técnicos em Geociências número 1. Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Rio de Janeiro: Fundação - IBGE. 1992. 92 p.

_____. _____. CENSO 2000.

_____. _____. 2007. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>. Acesso em 15/05/2008.

KREBS, A. S. J.; ADAMY, A.; REIS, M. R. **Alternativas locais para a disposição e resíduos sólidos urbanos na área de Porto Velho/RO**. Relatório – CPRM: Serviço Geológico do Brasil. Porto Velho, 1999. 56 p.

LACERDA, J. A. A. et al. **Avaliação da qualidade das águas**. Governo do Estado da Bahia. Relatório Técnico. 2000.

LANDIM, P. M. B. **Análise estatística de dados geológicos**. São Paulo: UNESP. 1998. 225 p.

LEHNINGER, A. L. et al. **Princípios de bioquímica**. 2 ed. São Paulo: SAVIER. 1995.

LEMES, M. J. L. **Avaliação de metais e elementos-traço em águas e sedimentos das bacias hidrográficas dos rios Mogiguaçu e Pardo, São Paulo**. São Paulo, SP: IPEN, 2001. Dissertação de mestrado (Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares) - Autarquia associada à Universidade de São Paulo.

MARQUES, D. G. F.; REIS, J. F.; COSTA, N. G. **Resíduos sólidos e cidadania: Um estudo no entorno do igarapé dos Tanques no bairro Nacional em Porto Velho – RO**. Porto Velho, RO: São Lucas, 2004. Originalmente como Monografia (Curso de Pós-Graduação em Educação Ambiental e Desenvolvimento) - Faculdade São Lucas.

MARTINELLI, L. A. et al. Fluxo de nutrientes em alguns rios do estado de Rondônia, bacia do rio Madeira. **Acta Limnológica Brasil**, vol. 11, p. 911-930, 1988.

MARTINS, A. S. **Análises de impacto ambiental através do estudo de parâmetros físico-químicos e bacteriológicos no igarapé próximo ao Campus da UNIR, sob influência do lixo municipal**. Porto Velho, RO: UNIR, 2006. Originalmente como Monografia (curso de Ciências Biológicas) - Universidade Federal de Rondônia.

MELO, E. G. F.; SILVA, M. S. R.; MIRANDA, S. A. F. Influência antrópica sobre águas de igarapés na cidade de Manaus – AM. **Caminhos de Geografia**, vol. 7, n. 18, p. 73-79, 2006.

MENDONÇA, C. R.; GRANADA, G. G. Coliformes em açougues de Pelotas-RS. **Rev. Bras. de Agrociência**, v.5, n. 1, P. 75-76, 1999.

MENDONÇA, R. B. S.; SANTANA, G. P. Avaliação dos parâmetros físico-químicos das águas do igarapé do Quarenta (Manaus-AM). In: I CONGRESSO DE PESQUISA E INOVAÇÃO DA REDE NORTE NORDESTE DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA, 2., 2006, Rio Grande do Norte. **Publicações**. Natal-RN, 2006.

MENEZES, J. M. Variação espacial e sazonal de aspectos limnológicos associados ao uso e ocupação da micro-bacia do Igarapé Belmont, Porto Velho (RO), Amazônia Ocidental. Porto Velho: RO: UNIR, 2007. Originalmente como Monografia (Curso de Ciências Biológicas) - Universidade Federal de Rondônia.

MINGOTI, S. A. **Análise de dados através de estatística multivariada: uma abordagem aplicada.** Belo Horizonte: UFMG. 2005. 297 p.

MIRANDA, L. H. S. **Análise dos metais pesados e sua relação com o meio ambiente e a saúde na bacia do ribeirão Anicuns.** Goiânia, GO: UCG, 2007. Originalmente como Dissertação de Mestrado (Pós-Graduação em Ciência Ambientais e Saúde). Universidade Católica de Goiás.

MORTATTI, J.; PROBST, J. L. **Hidrogeoquímica de bacias de drenagem.** São Paulo: USP (CPG/CENA). 1998. 235 p.

OSÓRIO, V. K. L.; OLIVEIRA, W. Polifosfatos em detergentes em pó comerciais. **Química Nova**, vol. 24, n. 5, p. 700-708, 2001.

PASCOALOTO, D. Características ambientais de cinco igarapés de terra firme em reservas florestais no estado do Amazonas e sua relação com *Batrachospermum cayennense* (Batrachospermaceae, Rhodophyta). **Acta Amazônica**, vol. 31, n. 4, p. 597-606, 2001.

PEDLOWSKI, M.; DALE, V.; MATRICARDI, E. A criação de áreas protegidas e os limites de conservação ambiental em Rondônia. **Ambiente e sociedade**, n. 5, p. 93-253, 1999.

PELCZAR, M.; REID, R.; CHAN, E. **Microbiologia.** São Paulo: McGraw-Hill LTDA. 1981. 400 p.

PESSENDA, L. C. R. et al. Caracterização química das águas de alguns rios do estado de Rondônia. **Acta Limnológica**. Brasil, vol. I, n. 10, p. 179-199, 1986.

PESSOA NETO, A. R. Os nutrientes nitrato e nitrito como contaminantes ambientais e alternativas de determinação. **Revista Virtual Candombá**, vol. 2, n. 2, p. 90-97, 2006.

PMPV. **Prefeitura Municipal de Porto Velho**, 2007. Disponível em: <<http://www.portovelho.ro.gov.br>>. Acesso em 17/02/2008.

PNSB. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico**, 2000. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/27032002pnsb.shtm>> Acesso em: 15/05/2008.

PRANDI-ROSA, G. A.; FARACHE FILHO, A. Avaliação de Parâmetros de qualidade de águas superficiais em mananciais do município de Jales - SP. **Holos Environment**, vol. 2, n.1, p.36-51, 2002.

RAMALHO, J. G. P.; SOBRINHO, N. M. B. A.; VELOSO, A. C. X. Contaminação da microbacia de Caetés com metais pesados pelo uso de agroquímicos. **Pesq. Agropec. Bras.**, vol. 35, n. 7, p. 1289-1303, 2000.

- ROCHA, J. C.; ROSA, A. H.; CARDOSO, A. A. **Introdução à química ambiental**. Porto Alegre: Bookman. 2004. 154 p.
- RODRIGUES, E. D. R. **Avaliação espacial da qualidade da água subterrânea na área urbana de Porto Velho – RO, Brasil**. Porto Velho, RO: UNIR, 2008. Dissertação de mestrado (Programa de Pós Graduação em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente) - Universidade Federal de Rondônia.
- SANTANA, G. P.; BARRONCAS, P. S. R. Estudo de metais pesados (Co, Cu, Fe, Cr, Ni, Mn, Pb e Zn) na Bacia do Tarumã-Açu Manaus – (AM). **Acta Amazônica**, vol. 37, n.1, p. 111-118, 2007.
- SANTOS, U. M. et al. Rios da Bacia Amazônica. I. Afluentes do Rio Negro. **Acta Amazônica**, vol. 14, n.1-2, p. 222-237, 1984.
- SANTOS, U. M.; RIBEIRO, M. N. G.; TANCREDI, A. C. F. N. S. Estudo preliminar sobre a hidroquímica da bacia de Jaci-Paraná (RO). **Acta Amazônica**, vol. 17, n. 20, p. 143-150, 1987.
- SANTOS, M. C. R. et al. Eutrofização das Lagoas das Sete-Cidades e Furnas (S. Miguel – Açores) - Análise evolutiva entre 1988 e 2002. In: CONGRESSO DA ÁGUA, 7., 2004, Portugal. **Congresso da água**. Lisboa: APRH, 2004. p.1-16.
- SANTOS, I. N. et al. Influência de um aterro sanitário e de efluentes domésticos nas águas superficiais do Rio Tarumã e afluentes - AM. **Acta Amazônica**, vol. 36, n. 2, p. 229-236, 2006.
- SANTOS, R. C. M. M. **Estudo de parâmetros relevantes da poluição da água por efluentes de lavanderia e tinturaria industriais em um rio não perene**. Recife, PE: UNICAP, 2008. Originalmente como Dissertação de mestrado - Universidade Católica de Pernambuco.
- SEDAM. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental. **Atlas Geoambiental de Rondônia**. Porto Velho. vol. 2. 2002.
- SILVA, A. E. P. et al. Influência da precipitação na qualidade da água do Rio Purus. **Acta Amazônica**, vol. 38, n. 4, p. 733-742, 2008.
- SILVANO, J.; RAYA-RODRIGUEZ, M. T. Evaluation of metals in water, sediment and fish of Azul lake, an open-air originally coalmine (Siderópolis, Santa Catarina state, Brazil). **Acta Limnológica Bras.**, vol. 15, n. 3, p. 71-80, 2003.
- SIMÕES, L. B. A Importância das Matas Ripárias no Controle da Poluição Difusa. **Ecótonos nas Interfaces dos Ecossistemas Aquáticos**. São Carlos: RiMa, vol. 1, p. 339-349, 2003.
- SIOLI, H.; KLINGE, H. Solos, tipos de vegetação e água na Amazônia. **Boletim Geográfico**. n. 179, p. 146-153, 1964.
- SIVAM. **Sistema de vigilância da Amazônia**, 2006. Disponível em: www.sivam.gov.br/AMAZONIA/clima1.htm. Acesso em: out. 2008.

SNIS. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento**, 2006. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/>>. Acesso em: 13/05/2008.

SOUZA, L. C. et al. Bactérias coliformes totais e coliformes de origem fecal em águas usadas na dessedentação de animais. **Revista Saúde Pública**, vol. 17, n. 2, p. 112-122, 1983.

SOUZA, D. O. **Estudo De Metais Pesados (Fe, Mn, Zn, Pb, Cd, Cu, Co, Cr E Hg) o Igarapé dos Tanques, área urbana da cidade de Porto Velho - RO**. Porto Velho, RO: UNIR, 2006. Originalmente como Monografia (curso de Ciências Biológicas) - Fundação Universidade Federal de Rondônia.

TUCCI, C. E. M. Águas urbanas. **Estudos Avançados**, v. 22, n. 63, p. 97-112. 2008.

VILLA, A. T. **Avaliação ambiental de qualidade da água do lago do parque Barigüi: potencial de poluição orgânica**. Curitiba, PR: UFPR, 2005. Originalmente como Dissertação de mestrado (Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Ambientais) - Universidade Federal do Paraná.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. UFMG: DESA. 1996.

WACHHOLZ, F.; FILHO, W. P. A limnologia em relação ao ambiente terrestre, identificado com o uso de imagens CBERS-2, em distintas áreas de captação da bacia hidrográfica do arroio Barriga, RS – Brasil. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 12., 2005, Goiânia. **Anais**. Goiânia: INPE, 2005. p. 1135-1141.

WHO (WORLD HEALTH ORGANIZATION) **Water Quality Assessments - A Guide to Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring**. 2 ed. 1996. 609p.

ZINGARO, R. A., 1979. *How certain trace elements behave*. Environmental Science and Technology, (3): 282-287.

Apêndice 1. Parâmetros físico-químicos das amostras coletadas nos igarapés da cidade de Porto Velho – RO no período de seca, 2007.

Ponto	T. ar (°C)	T. água (°C)	OD (mg/L)	OD sat. (%)	Cond. (us/cm)	pH
P1	31,40	30,00	4,02	57,00		5,73
P2	35,00	32,00	5,50	75,00	13,20	5,15
P3	32,70	27,60	4,60	59,00	164,10	6,75
P4	33,00	28,40	2,60	36,00	171,50	6,40
P5	34,40	27,20	2,90	37,00	34,10	5,63
P6	31,80	29,00	4,50	60,00	181,90	6,67
P7	28,10	26,10	3,80	48,00	79,60	5,52
P8	30,70	26,30	4,50	56,00	42,80	5,37
P9	30,90	26,00	4,80	59,00	46,10	5,45
P10	33,40	29,30	1,50	19,00	212,00	6,35
P11	36,60	33,30	3,00	40,00	201,00	6,42
P12	36,80	33,30	4,00	57,00	173,00	6,70
P13	39,60	30,30	0,70	10,00	243,00	6,80
P14	36,30	26,80	0,20	2,00	113,60	5,93
P15	29,30	28,30	0,10	1,00	93,50	6,15
P16	32,20	28,00	2,30	29,00	213,00	6,65
P17	34,60	29,70	0,90	12,00	238,00	6,70
P18	35,40	28,40	2,60	34,00	70,00	5,93
P19	38,50	29,30	4,80	64,00	152,60	6,18
P20	36,90	32,90	4,60	66,00	103,00	5,25
P21	34,20	31,70	3,40	48,00	108,50	5,94
P22	32,40	31,80	1,80	26,00	356,00	6,11
P23	26,90	26,80	1,90	24,00	137,90	6,11
P24	28,00	26,50	6,80	89,00	175,30	6,97
P25	26,30	25,40	4,60	58,00	168,50	6,73
P26	26,20	27,30	2,60	34,00	211,00	6,45
P27	29,90	27,20	3,90	51,00	152,00	6,20
P28	32,50	29,40	3,80	52,00	148,00	6,19
P29	36,00	33,00	5,00	77,00	196,00	6,38
P30	33,30		3,80	52,00	34,90	5,19
P31	34,60	31,00	3,06	41,00	15,10	5,40
P32	36,00	27,50	0,24	2,00	268,00	6,52
P33	34,90	29,80	2,10	27,90	358,00	6,69
P34	36,50	30,10	4,44	64,00	336,00	6,46
P35	37,80	28,50	1,50	20,00	229,00	6,29
P36	40,50	33,50	0,90	2,00	628,00	6,95
P37	36,00	30,60	1,50	19,00	176,00	6,29
P38	31,00	28,40	4,60	60,00	72,00	6,34

Apêndice 2. Parâmetros físico-químicos das amostras coletadas nos igarapés da cidade de Porto Velho – RO no período de cheia, 2008.

Ponto	T. ar (°C)	T. água (°C)	Cond. (us/cm)	pH
P1	25,20	24,40	131,80	5,98
P2	25,00	27,20	9,60	5,30
P3	26,90	27,70	412,00	6,78
P4	26,20	27,50	140,00	
P5	–	–	–	–
P6	23,00	26,30	141,20	6,53
P7	22,70	26,20	73,40	6,05
P8	24,30	25,90	46,50	6,01
P9	26,40	25,90	26,40	5,06
P10	28,10	27,40	91,10	6,00
P11	26,20	27,10	98,60	6,14
P12	24,80	26,80	84,00	6,19
P13	24,30	28,70	480,00	6,59
P14	24,40		64,40	5,64
P15	25,50	26,70	70,10	5,68
P16	22,60	26,90	174,60	6,55
P17	25,00	28,70	308,00	6,24
P18	28,00	27,00	43,80	5,68
P19	24,50	27,40	134,90	6,50
P20	24,80	28,20	103,80	5,05
P21	26,70	27,70	97,60	5,96
P22	27,80	28,80	178,50	5,84
P23	25,80	27,00	145,80	5,95
P24	–	–	–	–
P25	27,10	27,50	111,20	6,53
P26	27,70	27,50	185,20	6,55
P27	28,30	27,70	119,00	6,42
P28	28,60	28,10	108,50	6,06
P29	28,30	28,70	135,80	6,09
P30	30,30	28,30	35,50	5,75
P31	25,80	28,00	9,80	4,90
P32	29,50	28,80	203,00	6,22
P33	–	–	–	–
P34	28,00	27,90	333,00	6,36
P35	26,90	27,40	212,00	6,19
P36	–	–	–	–
P37	28,70	28,90	196,30	6,15
P38	24,40	26,00	22,90	6,40

Apêndice 3. Concentrações de nutrientes, DQO e de coliformes fecais e não fecais determinados nas amostras de água dos igarapés da cidade de Porto Velho – RO no período de seca, 2007.

Ponto	Amônia ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	P total ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	P orto ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	Nitrito ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	DQO (mg.L^{-1})	C. fecais UFC/100ml	C. não fecais UFC/100ml
P1	5,55	308,14	19,38	2,92	16,64	9500,00	11300,00
P2	28,75	63,14	13,75	12,22	11,20	2300,00	4600,00
P3	160,67	115,29	41,88	149,58	6,40	18000,00	18000,00
P4	130,96	71,00	31,25	171,25	13,12	18000,00	18000,00
P5	87,57	251,00	51,25	4,44	10,88	18000,00	18000,00
P6	196,33	166,00	50,00	160,69	10,56	1600,00	5800,00
P7	23,38	26,71	9,38	1,53	4,16	1800,00	1100,00
P8	6,66	18,14	5,00	2,64	8,32	3000,00	2200,00
P9	10,12	23,86	5,63	1,53	4,80	600,00	5100,00
P10	104,34	84,57	12,50	98,75	7,04	4000,00	14800,00
P11	105,12	81,71	14,38	144,86	10,24	6300,00	15100,00
P12	116,71	142,43	20,00	75,28	17,60	6100,00	15000,00
P13	204,86	844,57	566,25	7,22	20,80	14900,00	5800,00
P14	44,18	77,43	11,25	17,50	16,00	1800,00	24600,00
P15	33,69	55,29	6,25	4,03	10,56	1300,00	14500,00
P16	253,95	373,14	185,00	22,22	8,00	1000,00	6700,00
P17	226,30	394,57	225,63	82,50	7,04	3200,00	11200,00
P18	12,24	41,71	8,13	1,25	8,00	200,00	11600,00
P19	129,66	136,71	55,00	113,61	3,52	100,00	3700,00
P20	3,79	16,71	9,38	7,78	4,16	1500,00	5300,00
P21	25,96	30,29	11,25	15,00	3,20	300,00	4900,00
P22	172,04	324,57	156,25	317,36	12,16	3800,00	11000,00
P23	112,32	103,86	28,75	80,56	4,48	0,00	9600,00
P24	153,70	132,43	38,75	181,81	5,44	4700,00	9000,00
P25	117,26	87,43	27,50	161,25	5,44	1800,00	4800,00
P26	174,63	110,29	33,13	18,75	4,80	1300,00	9600,00
P27	145,68	104,57	31,25	33,19	5,44	1700,00	5500,00
P28	181,86	102,43	25,63	31,67	4,16	800,00	4000,00
P29	99,17	158,86	39,38	8,06	5,76	3900,00	12300,00
P30	8,47	26,00	8,13	12,78	6,04	3500,00	3800,00
P31	52,24	45,29	21,25	14,17	10,56	2000,00	5500,00
P32	244,13	546,71	447,50	15,00	16,00	9800,00	11900,00
P33	111,05	211,71	30,63	6,53	12,48	9000,00	11400,00
P34	210,80	333,13	232,43	94,17	8,00	9200,00	12100,00
P35	182,64	149,57	46,25	49,44	6,40	9700,00	11800,00
P36	225,79	2117,43	1555,00	36,39	25,92	10300,00	7700,00
P37	149,04	41,71	11,88	19,03	3,84	1500,00	10200,00
P38	27,59	34,57	11,88	20,83	4,80	700,00	7300,00

Apêndice 4. Concentrações de nutrientes, DQO e de coliformes fecais e não fecais determinados nas amostras de água dos igarapés da cidade de Porto Velho – RO no período de cheia, 2008.

Ponto	Amônia ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	P total ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	P orto ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	Nitrito ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	DQO (mg.L^{-1})	C. fecais UFC/100ml	C. não fecais UFC/100ml
P1	19,36	45,43	19,35	6,19	10,88	2700,00	9100,00
P2	1,91	16,86	7,48	0,78	7,68	4800,00	9800,00
P3	138,67	93,29	9,35	16,46	8,96	4600,00	13400,00
P4	9,68	139,71	19,98	1,05	7,68	10100,00	12700,00
P5	–	–	–	–	–	–	–
P6	11,82	95,43	30,60	46,86	7,04	3900,00	9100,00
P7	11,98	33,29	6,23	8,49	10,88	4000,00	10500,00
P8	4,34	27,57	10,60	4,16	10,88	5000,00	11500,00
P9	0,87	24,71	6,85	0,65	10,24	3100,00	8800,00
P10	44,05	56,14	12,48	30,24	7,68	6900,00	11100,00
P11	47,85	63,29	16,85	34,03	11,52	9500,00	14000,00
P12	44,66	69,00	21,85	22,95	8,96	8900,00	12900,00
P13	113,45	696,14	261,85	17,81	23,68	8600,00	13700,00
P14	19,48	39,71	14,35	10,65	7,68	4300,00	8600,00
P15	9,63	26,14	6,23	26,59	7,68	3500,00	10100,00
P16	153,09	129,00	39,98	51,86	8,96	10100,00	12700,00
P17	150,16	329,00	61,85	397,41	12,16	10400,00	14100,00
P18	4,34	21,14	4,35	5,11	6,40	6700,00	10600,00
P19	88,39	61,14	15,60	69,43	7,68	10200,00	13100,00
P20	1,64	7,57	5,60	2,27	6,40	3400,00	9500,00
P21	35,78	25,43	7,48	5,11	6,40	1800,00	10200,00
P22	42,29	96,14	21,85	85,92	8,96	10800,00	13700,00
P23	51,55	53,29	5,60	60,92	6,40	3700,00	9700,00
P24	–	–	–	–	–	–	–
P25	26,43	56,86	14,98	62,54	9,60	300,00	6100,00
P26	89,57	83,29	15,60	28,22	5,76	6200,00	11500,00
P27	85,40	54,71	25,60	41,59	6,40	11300,00	13100,00
P28	77,41	74,00	21,85	42,54	7,68	8200,00	11800,00
P29	48,53	80,43	8,10	20,65	6,40	6600,00	14300,00
P30	7,56	12,57	4,35	9,16	5,12	900,00	5700,00
P31	0,80	10,43	3,73	-0,03	5,12	2400,00	3800,00
P32	119,75	105,43	24,98	127,27	6,40	11300,00	13000,00
P33	–	–	–	–	–	–	–
P34	106,69	179,00	40,60	76,86	7,68	14100,00	14900,00
P35	72,68	45,43	11,85	53,89	6,40	13800,00	14700,00
P36	–	–	–	–	–	–	–
P37	67,73	83,29	16,23	39,30	7,04	13500,00	14300,00
P38	0,94	24,00	5,60	5,24	7,04	3900,00	14000,00

Apêndice 5. Ponto P20BEL, nascente do igarapé Belmont localizada na área urbana.



Apêndice 6. Ponto P13TAN, nascente do igarapé Tanques localizada na área urbana.



Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)