



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDÔNIA
CÂMPUS DE JI-PARANÁ
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AMBIENTAL**



RAISSA FONSECA FERREIRA

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA UTILIZADA POR PRODUTORES DE
POLPA DE FRUTA NA REGIÃO CENTRAL DE RONDÔNIA**

Ji-Paraná

2013

RAISSA FONSECA FERREIRA

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA UTILIZADA POR PRODUTORES DE
POLPA DE FRUTA NA REGIÃO CENTRAL DE RONDÔNIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Ambiental, Fundação Universidade Federal de Rondônia, Câmpus de Ji-Paraná, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientador (a): Dra. Elisabete L. do Nascimento

Ji-Paraná

2013

Ferreira, Raissa Fonseca

F383a Avaliação da qualidade da água utilizada por produtores de polpa
2013 de fruta na região central de Rondônia / Raissa Fonseca Ferreira;
orientadora, Elisabete Lourdes do Nascimento. -- Ji-Paraná, 2013

77 f. : 30cm

Trabalho de conclusão do curso de Engenharia Ambiental. –
Universidade Federal de Rondônia, 2013

Inclui referências

1. Abastecimento de água. 2. Higiene das águas. 4. Poluição das
águas. 5. Água – Qualidade – Rondônia . 6. Água – Análise. 7. Saúde.
8. Águas subterrâneas. 9. Alimentos – Qualidade. I. Nascimento,
Elisabete Lourdes do. II. Universidade Federal de Rondônia. III. Título

CDU 628.19 (811.1)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDÔNIA
CÂMPUS DE JI-PARANÁ
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AMBIENTAL



TÍTULO: AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA UTILIZADA POR PRODUTORES DE POLPA DE FRUTA NA REGIÃO CENTRAL DE RONDÔNIA

AUTORA: RAISSA FONSECA FERREIRA

O presente Trabalho de Conclusão de Curso foi defendido como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental e aprovado pelo Departamento de Engenharia Ambiental, Fundação Universidade Federal de Rondônia, Câmpus de Ji-Paraná, no dia 15 de maio de 2013.

Profa. Dra. Maria Elessandra Rodrigues Araújo
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia

Profa. Me. Ana Lúcia Denardin da Rosa
Fundação Universidade Federal de Rondônia

Profa. Dra. Elisabete L. do Nascimento
Fundação Universidade Federal de Rondônia

Ji-Paraná, 15 de maio de 2013.

Dedico a oportunidade de vivenciar este momento à minha família por todo apoio e auxílio que dispuseram no meu crescimento: Vó, Vô (*in memoriam*), tios e primos, não há agradecimento que expresse minha gratidão. Em especial aos meus tios Ana e Aucenei pela contribuição direta aos meus estudos, muito obrigada pela confiança e comprometimento. A minha Mãe e irmã pela paciência de todos os momentos que estive fora de casa e ainda pelo apoio a estas escolhas que me mantiveram distante, expresso o meu amor e admiração.

AGRADECIMENTO

Antes de qualquer palavra ou definição, que eu possa demonstrar e vivenciar a cada dia a gratidão pelo livramento, benção e generosidade divina. Que por meio do seio familiar proporciona o crescimento moral e amor incondicional e ainda, fortalece e alegra a alma com a presença de pessoas especiais e importantes que nos auxilia na caminhada árdua da existência.

Gostaria de agradecer as pessoas que foram fundamentais e extremamente generosas para comigo na elaboração deste trabalho.

Primeiramente à Andreza Mendonça que iluminou o caminho a ser seguido nesta pesquisa, junto com a sua equipe de primeira, que está sempre posta a auxiliar e resolver qualquer tipo de emergência, os quais agradeço gentilmente a Pâmela Carvalho, Itamar Machado, Alexandre Faustino, Wesley Jan e Márcia Azevedo.

Às pacientes Rhayanna Nascimento e Kismara Butzke e ainda à Aline dos Santos, Amanda Quinhones, Eloisa Ruschel e Vanessa Helena por todo auxílio prestado nas análises da 1ª coleta e em especial a Rhayanna por todo esclarecimento das dúvidas eternas.

À Ana Lucia Denardin que além das coletas foi muito mais que amiga e companheira nas análises da 2ª coleta, não me deixando esmorecer.

Às professoras Maria Elessandra e Elisabete do Nascimento pela confiança e respeito.

À Universidade Federal de Rondônia e aos professores do Departamento de Engenharia Ambiental em nome do qual agradeço a professora Renata Aguiar que além do exemplo profissional sempre destinou a mim carinho, respeito e amizade.

Ao CNPq pelo apoio financeiro no projeto que proporcionou o desenvolvimento desta pesquisa.

Aos colegas da Engenharia Ambiental que se fizeram próximos em algum momento e de alguma maneira auxiliaram no decorrer da graduação em nome dos quais agradeço à Ronei da Silva.

À família Santos, Simone, Aline, Alexandre, Amanda e os pequenos Cauã e Ryan por me acolherem com tanto carinho, no momento em que um mundo totalmente desconhecido acompanhado de um amadurecimento emocional imposto me tomavam.

Por fim, além da contribuição direta neste trabalho, gostaria, além disso, de expressar meus mais sinceros sentimentos as amigas e companheiras de toda hora: Andreza, por acreditar e me mostrar o potencial que possuo; Lorena Marinho, Juliene Novais e Ana Lúcia por sempre estarem dispostas a ajudar e confiar e mais que isso, juntamente com Kátia Patrícia e a minha pretinha Ana Karolina, são o acolhimento emocional dos dias difíceis, tumultuosos e também festivos. Muito obrigada a todos.

*“Para a humanidade sobreviver,
precisaremos de uma maneira
substancialmente nova de pensar.”*

Albert Einstein

RESUMO

A região Norte possui os menores percentuais de cobertura de domicílios rurais ligados à rede de distribuição de água e, conseqüentemente, os maiores percentuais de domicílios que utilizam soluções alternativas de abastecimento no Brasil. Deste modo, faz-se necessário o conhecimento das condições hidro-sanitárias e estruturais destinadas aos corpos hídricos, a fim de averiguar a qualidade da água principalmente em locais que não existe a coleta do esgotamento sanitário. Portanto, o objetivo deste estudo foi avaliar a qualidade da água utilizada por produtores de polpas de frutas na região central de Rondônia. Foram selecionadas 15 propriedades rurais distribuídas na região central do estado. Em cada propriedade foram coletadas amostras de água em suas respectivas fontes de captação, nos períodos seco e chuvoso. Tais amostras foram destinadas às análises de nitrato, nitrito, amônia, fósforo inorgânico dissolvido, fósforo total, coliformes totais e fecais, de acordo com as metodologias descritas em APHA (1995). *In locu*, com uso de sonda multiparâmetro (HANNA, 2728) foram determinados os valores de temperatura, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos e pH. O oxigênio dissolvido foi determinado pelo método proposto por Winkler (1988), modificado pela azida, realizado pela titulação. Paralelo as coletas de água foram aplicados aos responsáveis pelas propriedades rurais um questionário sobre questões hidro-sanitária. Nas propriedades visitadas observaram-se duas fontes alternativas de captação de água: poços e nascentes. As fossas estavam em média 66 metros distantes das fontes de água, sendo que apenas 7 propriedades apresentavam fossas sépticas em conformidade com a ABNT, NBR 7229/1993. Além disso, verificou-se que não há periodicidade na adição de cloro nem tão pouco critério na quantidade de cloro em relação à lâmina de água na maioria das áreas rurais. No período chuvoso 66,7% (10 propriedades) apresentaram contaminação por *Escherichia coli*, e 20% (3 propriedades) no período seco. Para os coliformes totais, 80% das propriedades (12 propriedades) apresentaram contaminação no período chuvoso e de 53,3% (8 propriedades) no período seco. As variáveis físicas e químicas estudadas que se encontravam em acordo ao preconizado pela Portaria 2.914/MS/2011 e com exceção da amônia, pela Resolução 396/CONAMA/2008 foram sólidos totais dissolvidos (valores menores que 1000mg/L), amônia (menor que 1,5mg/L), nitrito (menor que 1mg/L) e nitrato (menor que 10mg/L). Já as variáveis turbidez e pH apresentaram valores maiores aos preconizados pela referida Portaria, ou seja, maior que 5NTU e menor que 6,0, respectivamente. Como também o oxigênio dissolvido apresentou valores menores que 6mg/L preconizados na Resolução CONAMA nº 357/05. Por meio da aplicação dos questionários, foi possível verificar que os produtores rurais apresentam desconhecimento e despreparo nas práticas higiênico-sanitárias, destacando os cuidados com os efluentes produzidos na propriedade, a destinação dos resíduos e ainda o método de construção das fontes alternativas de água. Desta forma, o presente trabalho evidenciou a necessidade de disseminar informações sobre as práticas adequadas em soluções alternativas de abastecimento para obtenção de água para consumo dentro dos padrões de potabilidade, principalmente no meio rural.

Palavras-chave: águas subterrâneas, propriedades rurais, poços e nascentes

ABSTRACT

The northern region is among the lowest percentages of cover rural households connected to the water distribution and, consequently, the highest percentages of households that uses workarounds supply in Brazil. So, it is necessary to know the sanitary conditions and intended for structural River in order to verify the water quality especially in places that there is no sewage collection. Therefore, the objective was to evaluate the water quality the used by producers of fruit pulp in central Rondônia region. It was selected 15 farms propriety distributed in the central region of the state. In each herd were collected water samples from different funding sources (wells or springs) in the dry and rainy seasons. These samples were intended for analysis of nitrate, nitrite, ammonia, dissolved inorganic phosphorus, total phosphorus, total and fecal coliforms, according to the methods described in APHA (1998). In locus, using a multiparameter probe (HANNA, 2728) values were determined temperature, electrical conductivity, total dissolved solids, pH and dissolved oxygen. Parallel to the water sampling was applied a questionnaire about issues sanitary conditions and performed the georeferencing in each property in order to understand the management of using and occupation of land. Analyses Physic and chemical and microbiological water were made following samples of the described method by APHA (1995). In the visited farms were observed two alternative water sources: wells and springs. It was noted that 7 of the 15 properties used to develop extensive cattle ranching and 11 of them, had consortium with agricultural species using pesticides in five of these. The pits were on 66m average away from water sources, and that only 7 properties had septic tank were in accordance with NBR 7229/93. Moreover, it was noticed that there periodicity in chemical treatment using chlorine, nor discretion in the amount of chlorine in relation to water depthin most of rural areas. In the rainy period 66.7% (10 rural areas) showed contamination by *E.coli* and only 20% in the dry period. For total coliforms, 80% of the properties showed contamination in the rainy season and 53.3% in the dry season. The concentrations of physic and chemical parameters for all alternative water sources evaluated were in accordance with existing laws. The farmers showed that they didn't know and were unpreparedness with the hygienic and sanitary practices, highlighting the care about the waste, rubbish disposal produced on the property and also the method of construction about alternative water sources. The waters from wells and springs in rural properties in at least one of the periods studied presented coliforms, the primary cause was the improper construction of the alternative sources.

Key-words: ground water, rural proprieties, Wells and springs.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	11
1 OBJETIVO	13
1.1 OBJETIVO GERAL	13
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1 CICLO HIDROLÓGICO	13
2.2 AQUÍFERO	15
2.3 MANANCIASIS	19
2.4 CAPTAÇÃO DE ÁGUA EM MANANCIASIS SUBTERRÂNEOS	20
2.4.1 Captação em lençol freático	20
2.4.2 Captação em lençóis cativos ou artesianos	22
2.5 LEGISLAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS	23
2.6 QUALIDADE DA ÁGUA	24
2.7 DOENÇAS DE VEICULAÇÃO HÍDRICA	26
2.8 VARIÁVEIS UTILIZADAS NO MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA	27
2.8.1 Temperatura	27
2.8.2 Turbidez	28
2.8.3 Sólidos	29
2.8.4 Condutividade elétrica	30
2.8.5 pH	30
2.8.6 Oxigênio dissolvido	31
2.8.7 Série nitrogenada	31
2.8.8 Fósforo	32
2.8.9 Microrganismos de importância sanitária	33
3 MATERIAL E MÉTODOS	35
3.1 ÁREA DE ESTUDO	35
3.2 PONTOS AMOSTRAIS	36
3.3 GEORREFERENCIAMENTO	37
3.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA	38
3.5 ANÁLISES FÍSICAS, QUÍMICAS E MICROBIOLÓGICAS DA ÁGUA	38
3.5.1 Análises físicas e químicas	38

3.5.2 Oxigênio dissolvido	39
3.5.3. Análise de nitrato, nitrito e amônia	39
3.5.4 Análise de fósforo inorgânico dissolvido e fósforo total	40
3.5.5 Análise microbiológica	40
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
4.1 ASPECTOS GERAIS DO ABASTECIMENTO E DISPOSIÇÃO DE EFLUENTES.....	42
4.2.1 Abastecimento	42
4.2.2 Esgotamento	55
4.3 QUALIDADE DA ÁGUA	57
4.3.1 Variáveis Microbiológicas	57
4.4 VARIÁVEIS FÍSICAS E QUÍMICAS	62
4.4.1 Turbidez.....	62
4.4.2 Sólidos dissolvidos totais.....	64
4.4.3 Condutividade Elétrica.....	66
4.4.4 pH	68
4.4.5 Oxigênio Dissolvido.....	70
4.4.6 Nitrato e Nitrito.....	72
4.4.7 Amônia, Fósforo Inorgânico Dissolvido e Fósforo Total	75
CONSIDERAÇÕES FINAIS	76
REFERÊNCIAS	77

INTRODUÇÃO

A água é uma substância vital para a vida, indispensável ao desenvolvimento da humanidade em diferentes níveis como a saúde, o social e o econômico, tendo importância estratégica para os setores produtivos e, portanto, desempenhando papel fundamental na geração de riquezas (OLIVEIRA, 2012).

As maiores fontes disponíveis de água doce do planeta encontram-se nos reservatórios subterrâneos. Por esse motivo, as águas subterrâneas são consideradas um dos mais valiosos recursos naturais da nação, utilizadas em larga escala para praticamente todo tipo de uso, como agrícola, industrial ou para abastecimento público (OLIVEIRA, 2012).

O abastecimento com água de boa qualidade é um dos fatores mais importantes para o desenvolvimento das sociedades modernas, visto que está diretamente relacionado ao controle e eliminação de doenças, bem como ao aumento da qualidade de vida das populações (MIRANDA e MONTEGGIA, 2007).

Quanto ao panorama atual das condições de saneamento no meio rural, os dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios - PNAD (2009) mostram que ainda são graves as desigualdades no acesso aos serviços de abastecimento de água entre os habitantes das áreas urbanas e rurais (FUNASA, 2013).

No Brasil cerca de 29,9 milhões de pessoas residem em localidades rurais (IBGE, 2010), sendo que apenas 32,8% dos domicílios nas áreas rurais estão ligadas a redes de distribuição de água (PNAD, 2009), enquanto o restante da população rural (67,2%) utiliza outras formas de abastecimento como água de chafarizes e poços protegidos ou não, diretamente de cursos de água sem nenhum tratamento ou de outras fontes alternativas geralmente insalubres (FUNASA, 2013).

Com relação ao esgotamento sanitário dados do PNAD (2009) apontam que 5,7% dos domicílios rurais estão ligados à rede de coleta de esgotos e 20,3% utilizam a fossa séptica como solução para o tratamento dos dejetos. Os demais domicílios (74%) depositam

os dejetos em fossas rudimentares, lançam em cursos d'água ou diretamente no solo a céu aberto (FUNASA, 2013).

A região Norte está entre os menores percentuais de cobertura de domicílios rurais ligados à rede de distribuição de água e, conseqüentemente, os maiores percentuais de domicílios que utilizam soluções alternativas de abastecimento. De acordo com o IBGE/PNAD (2009) existe ainda uma diferença considerável no percentual de cobertura nos estados, enquanto no Rio Grande do Norte cerca de 64% dos domicílios rurais são atendidos pela rede de distribuição, em Rondônia este número corresponde a 11%, representando o terceiro menor percentual ligado à rede de abastecimento de água (FUNASA, 2013).

Ressalta-se que o fato de alguns estados recorrerem a outras formas de abastecimento, deve-se a fatores como: demográficos (concentração de grandes propriedades e dispersão de domicílios), geológicos (disponibilidade de água subterrânea), ausência ou insuficiência de sistemas públicos de abastecimento. Salienta-se ainda que o meio rural é constituído de diversos tipos de comunidades, com especificidades de cada região brasileira, exigindo formas particulares de intervenção em saneamento básico, tanto no que diz respeito às questões ambientais, tecnológicas e educativas, como de gestão e sustentabilidade das ações (FUNASA, 2013).

Desta forma, inadequadas condições de saneamento, sobretudo nas áreas rurais, associadas à falta de conhecimento da população, aumentam a prevalência de doenças de veiculação hídrica, contribuindo para a geração de doenças parasitárias responsáveis pela elevação da taxa de mortalidade infantil (ARAÚJO et al., 2011). Deste modo faz-se necessário o conhecimento das condições hidro-sanitárias e estruturais destinadas aos corpos hídricos, a fim de averiguar a qualidade da água.

1 OBJETIVO

1.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a qualidade da água utilizada por produtores de polpas de frutas na região central de Rondônia.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) realizar levantamento sobre os tipos de captação de água utilizados pelos produtores de polpas;
- b) analisar aspectos físicos, químicos e microbiológicos da qualidade da água dos pontos de captação amostrados;
- c) comparar os resultados obtidos aos padrões de qualidade da água estabelecidos pelas legislações vigentes.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CICLO HIDROLÓGICO

O ciclo hidrológico é a contínua circulação da água em nosso planeta. Constitui-se no comportamento natural da água quanto as suas ocorrências, transformações e relações com a vida humana (RHASA, 2012). Essa circulação é alimentada pela força da gravidade e pela energia do sol que provocam a evaporação das águas dos oceanos e dos continentes (MMA, 2007).

A água se movimenta de um meio para outro por meio de mecanismos de transferência, como a precipitação, escoamento superficial, infiltração, evaporação e transpiração (FIGURA 1) (VON SPERLING, 2005).

A precipitação compreende toda a água que cai da atmosfera na superfície da terra (BRASIL, 2006). As principais formas são: chuva, neve, granizo e orvalho. A água precipitada pode seguir os diferentes caminhos (MMA, 2007):

- a) escoar sobre a superfície, quando a precipitação é maior do que a capacidade de absorção do solo;

- b) infiltrar e percolar (passagem lenta de um líquido através de um meio) no solo ou nas rochas, podendo formar aquíferos, ressurgir na superfície na forma de nascentes, fontes, pântanos ou alimentar rios e lagos;
- c) evaporar, fator que depende da temperatura e da umidade relativa do ar, retornando à atmosfera. Em adição a essa evaporação da água dos solos, rios e lagos, uma parte da água é absorvida pelas plantas, as quais liberam a água para a atmosfera por meio da transpiração. O conjunto evaporação e transpiração nomeiam-se evapotranspiração;
- d) congelar, formando as camadas de gelo nos cumes de montanha e geleiras.

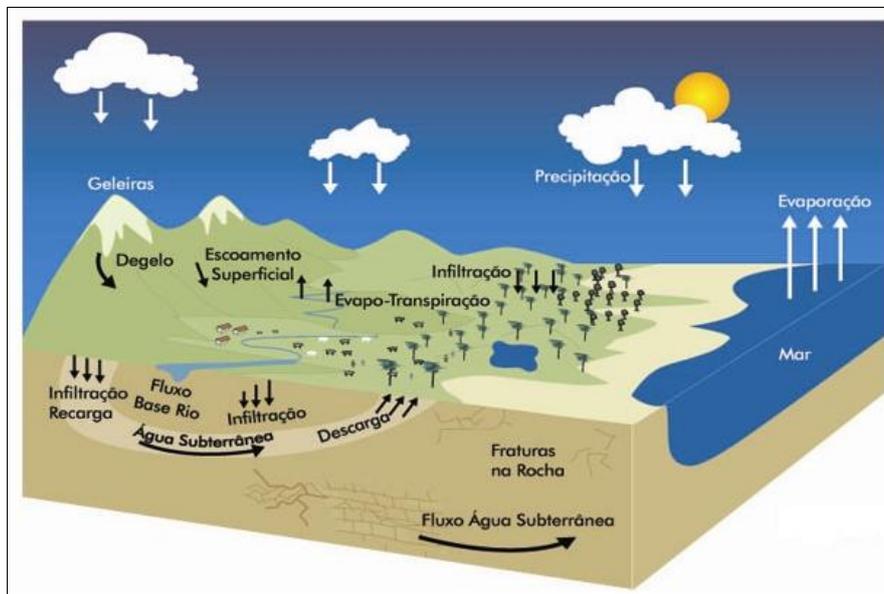


Figura 1 - Ciclo hidrológico (MMA, 2007).

De acordo com Saneas (2008), a infiltração e percolação no interior do subsolo, em períodos de tempo variáveis, decorrem de diferentes fatores, tais como:

- a) porosidade do subsolo: a presença de argila no solo diminui sua permeabilidade, não permitindo uma grande infiltração;
- b) cobertura vegetal: um solo coberto por vegetação é mais permeável do que um solo desmatado;
- c) inclinação do terreno: em declividades acentuadas a água corre mais rapidamente, diminuindo a possibilidade de infiltração;

- d) tipo de chuva: chuvas intensas saturam rapidamente o solo, ao passo que chuvas finas e demoradas têm mais tempo para se infiltrarem.

2.2 AQUÍFERO

O Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) por meio da resolução nº 15 de 11 de janeiro de 2001 do conjunto de normas legais de recursos hídricos, estabelece diretrizes gerais para a gestão de águas subterrâneas e define aquífero como um corpo hidrogeológico com capacidade de acumular e transmitir água por meio dos seus poros, fissuras ou espaços resultantes da dissolução e carreamento de materiais rochosos (MMA, 2011). O Decreto Estadual nº 32.955 de 7 de fevereiro de 1991, que regulamenta a Lei nº 6.134 de 2 de junho de 1988 que dispõe sobre a preservação dos depósitos naturais de águas subterrâneas do Estado de São Paulo, define aquífero ou depósito natural de águas subterrâneas como solo, rocha ou sedimento permeáveis que fornecem água subterrânea, natural ou artificialmente captada. E ainda entende-se por aquífero ou reservatório de água subterrânea como formação subterrânea porosa permeável com capacidade de armazenar água e possibilitar que essa água escoe entre seus poros. Há também aquíferos nos quais a água ocupa o espaço criado por fendas e rachaduras em rochas (ANA, 2012).

Desta forma a água que ocorre abaixo da superfície da Terra, preenchendo os poros ou vazios intergranulares das rochas sedimentares, ou as fraturas, falhas e fissuras das rochas compactas, e que sendo submetida a duas forças: de adesão e de gravidade, desempenha um papel essencial na manutenção da umidade do solo, do fluxo dos rios, lagos e brejos é denominada água subterrânea (FIGURA 2) (SANEAS, 2008).

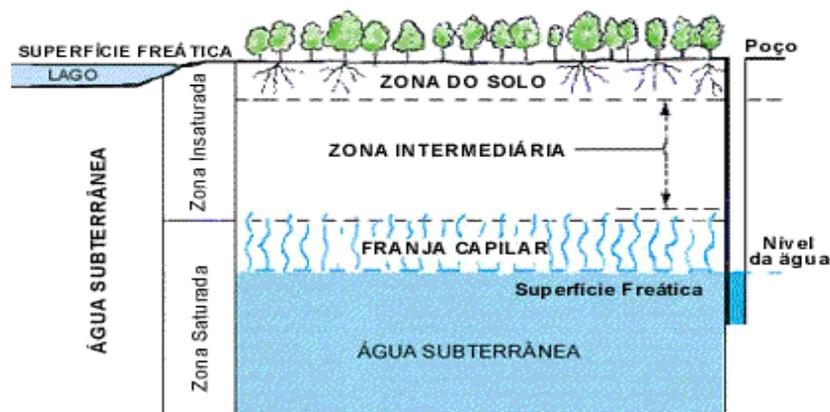


Figura 2 - Disposição da água subterrânea.

A forma como as unidades geológicas armazenam e transmitem a água subterrânea, as influências nos seus aspectos relativos à quantidade e qualidade e ainda o processo de

infiltração da água no subsolo, está vinculada as características litológicas, estratigráficas e estruturais dos solos, sedimentos e rochas. Dessa diversificação de características que constitui as unidades geológicas fornecedoras de água subterrânea o aquífero pode ser classificado de acordo com a formação rochosa na qual está contido como demonstrado na Figura 3 (CETESB, 2012):

- a) cársticos, em calcários ou dolomitas, se formam após a dissolução da rocha, o que acontece devido à circulação contínua da água, com formação de tubos ou condutos por onde a água circula (IRITANI e EZAKI, 2012);
- b) fissurais ou fraturados, desenvolvem-se em rochas ígneas ou metamórficas, exemplo: aquíferos na Formação Serra Geral, onde a água circula através de fraturas existentes na rocha sadia. Apresentam maior velocidade de fluxo e são locais mais vulneráveis e sensíveis a períodos de escassez de chuva;
- c) granulares ou porosos, nos quais a água circula entre os poros ou espaços intergranulares, existentes em geral em rochas sedimentares, como por exemplo, o aquífero Guarani. Estes aquíferos funcionam como esponjas onde os espaços vazios são ocupados por água (MMA, 2007).

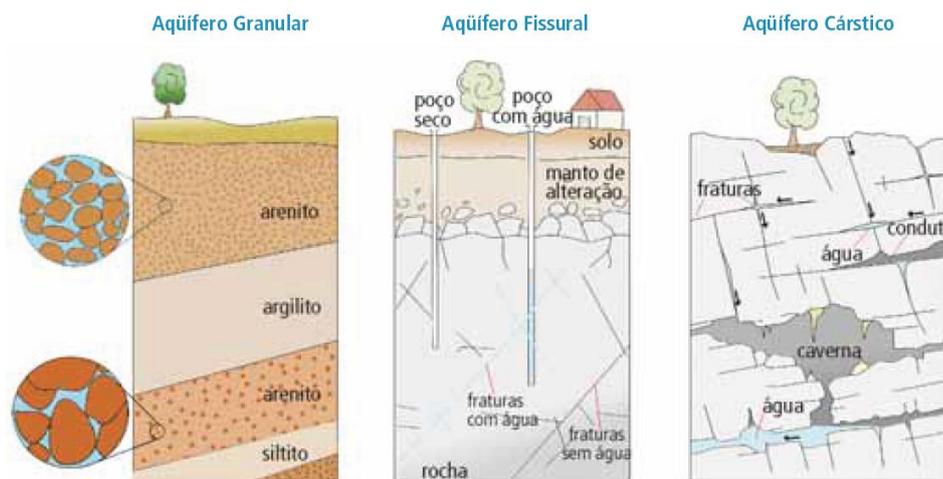


Figura 3 - Tipos de aquíferos conforme a composição rochosa (IRITANI e EZAKI, 2008).

Deve-se considerar também que há situações onde as unidades geológicas podem conter quantidades significativas de água, mas serem incapazes de transmiti-las em condições

naturais por serem rochas relativamente impermeáveis, denominados de aquíclode (CETESB, 2012).

As unidades que não armazenam nem transmitem água são denominadas aquífugos. “Aquitarde” tem sido utilizado para definir unidades menos produtivas de água que o aquífero, corresponde à camada ou unidade geológica relativamente menos permeável numa determinada sequência estratigráfica (IGM, 2001).

O processo de infiltração permite que a água precipitada nos continentes, ou resultante do degelo da neve, seja transferida para a subsuperfície, atingindo os estratos mais profundos. Ao infiltrar-se no solo, a água da chuva passa por uma porção do terreno chamada de zona não saturada ou zona de aeração e outra parte remanescente, por ação da gravidade, continua em movimento descendente e atinge a zona saturada, (FIGURA 4) (IRITANI e EZAKI, 2012).

A zona não saturada ou de aeração é a parte do solo que está parcialmente preenchida por água e por ar. Nesta zona as moléculas de água se aderem às superfícies dos grãos do solo distribuindo-se uniformemente. Nesta zona ocorre o fenômeno da transpiração pelas raízes das plantas, de filtração e de autodepuração da água.

A zona saturada é a região abaixo da zona não saturada onde os poros ou fraturas da rocha estão totalmente preenchidos por água. As águas atingem esta zona por gravidade através dos poros ou fraturas até alcançar uma profundidade limite que a água não pode mais penetrar. Nesta zona, a água corresponde ao excedente de água da zona não saturada que se move em velocidades muito lentas, formando o manancial subterrâneo propriamente dito (SANEAS, 2008).

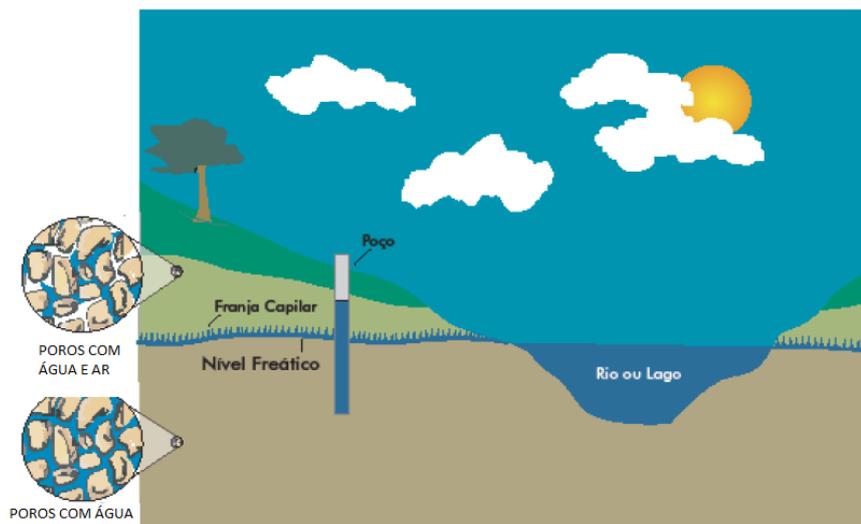


Figura 4 - Caracterização esquemática das zonas não saturada e saturada do subsolo (MMA, 2007).

Os aquíferos também podem ser classificados quanto às suas características hidráulicas, em livres ou confinados, dependendo da pressão a que estão submetidos (FIGURA 5). No aquífero livre (freático), o seu topo não é limitado por camada impermeável, está em contato com a superfície e a pressão da água é a mesma que a pressão atmosférica (ANA, 2012), sendo que o nível d'água varia em função da recarga, normalmente exercida pela infiltração da água da chuva. Ocorre a profundidades que variam de alguns metros até poucas dezenas de metros da superfície (CETESB, 2012).

Aquífero confinado ou artesiano (cativo) é instituído por uma formação geológica permeável, confinada entre duas camadas impermeáveis (ANA, 2012; SANEAS, 2008). Nesta região a pressão da água é maior do que a pressão atmosférica. Estes aquíferos apresentam recarga indireta e quase sempre estão em locais onde ocorrem rochas sedimentares profundas (bacias sedimentares).

Existe ainda o aquífero semi-confinado que se encontra limitado na base, no topo, ou em ambos, por camadas que apresentam permeabilidade menor do que a do aquífero em si (semipermeáveis). O fluxo preferencial da água se dá ao longo da camada aquífera. À medida que há uma diferença de pressão hidrostática entre a camada aquífera e as camadas subjacentes ou sobrejacentes o fluxo ocorre por meio das camadas semi-confinantes. Em certas circunstâncias, um aquífero livre poderá ser abastecido por água oriunda de camadas semi-confinadas subjacentes ou vice-versa (SANEAS, 2008).

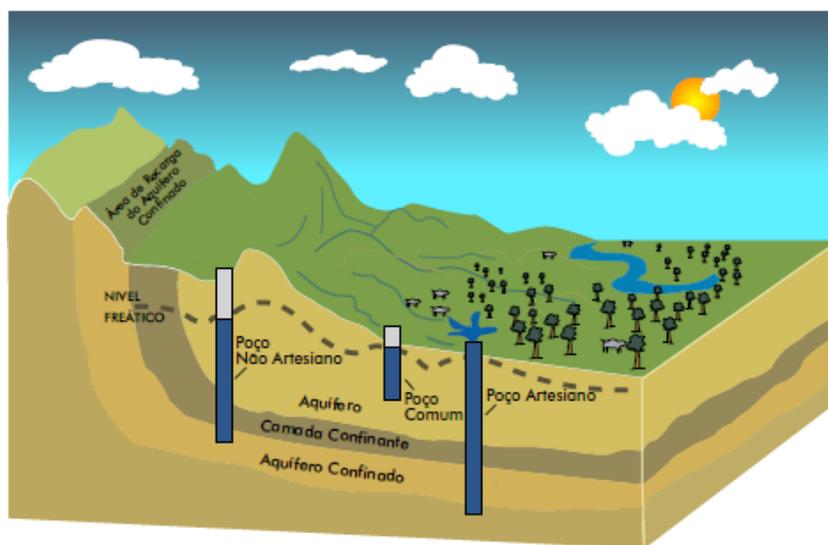


Figura 5 - Caracterização dos aquíferos com respectivos níveis de pressão (MMA, 2007).

A água circula lentamente pelos poros das rochas e sua velocidade depende das características geológicas de cada aquífero, podendo variar de um metro por dia a um metro por ano. Desta forma, pode demorar semanas, meses, anos e até séculos, para que a água

subterrânea circule da área de recarga para a área de descarga (IRITANI e EZAKI, 2012) (FIGURA 6).

Apenas em aquíferos cársticos ou muito fraturados, onde as fendas e condutos têm elevada conectividade, a velocidade pode ser bem maior. As áreas de descarga são locais onde a água sai do aquífero, podendo, normalmente, voltar à superfície do terreno, em forma de nascente ou como escoamento básico, alimentando os córregos, rios e lagos. A recarga também pode ocorrer pelo aporte de água vindo de outra unidade hidrogeológica, seja granular ou fraturada, em contato com o aquífero em questão, como, por exemplo, um aquítarde, que apesar da baixa permeabilidade, pode permitir a transmissão de água para um aquífero confinado subjacente.

Salienta-se que pode ocorrer recarga não natural no aquífero, por meio de infiltração devido ao vazamento de água, proveniente das tubulações do sistema de abastecimento e saneamento ou pelos excessos na irrigação de diferentes culturas (IRITANI e EZAKI, 2012).



Figura 6 - Tempo de recarga e descarga da água subterrânea (IRITANI e EZAKI, 2012).

2.3 MANANCIASAIS

Os mananciais são fontes de água utilizada para o abastecimento. Chama-se de manancial abastecedor a fonte de onde se retira a água com condições sanitárias adequadas e vazão suficiente para atender à demanda de uso (BRASIL, 2006). O manancial de abastecimento pode ser superficial, subterrâneo ou resultante da água de chuvas (BRASIL, 2006 a).

A água superficial são os córregos, os ribeirões, os rios ou os lagos, ou seja, os corpos de água formados pela água que escorre sobre a superfície do solo (BRASIL, 2006 b).

A subterrânea se manifesta por meio de nascentes, poços rasos, poços profundos e drenos.

A água meteórica é aquela que se precipita em direção à superfície do planeta, sendo captada antes de atingir o solo (BRASIL, 2006 b).

2.4 CAPTAÇÃO DE ÁGUA EM MANANCIASIS SUBTERRÂNEOS

2.4.1 Captação em lençol freático

A captação de água subterrânea no lençol freático pode ser executada por galerias filtrantes, drenos, fontes ou poços freáticos (MIRANDA e MONTEGGIA, 2007).

As galerias filtrantes são típicas de terrenos permeáveis de pequena espessura, de um a dois metros, onde há necessidade de aumentar a área vertical de captação para coleta de maior vazão. Estas galerias em geral são tubos furados que convergem para um poço de reunião, onde a água é retirada por meio de bombeamento ou ainda outros métodos rudimentares (MIRANDA e MONTEGGIA, 2007).

Os drenos ocorrem quando o lençol freático é muito superficial, as canalizações coletoras ficam na superfície ou a pequenas profundidades de aterramento e são construídos com tubos furados ou com manilhas cerâmicas não rejuntadas (MEDEIROS e FERNANDES, 2011).

As galerias são mais comuns sob leitos arenosos de rios com grande variação de nível, enquanto que os drenos são mais comuns em áreas onde o lençol é aflorante permanecendo no mesmo nível do terreno saturado ou sob leitos arenosos de rios com pequena variação de nível (MEDEIROS e FERNANDES, 2011).

A captação utilizando os poços é mais frequente, uma vez que o lençol freático tem grande variação de nível entre os períodos de chuva e estiagem, demandando maior profundidade de escavação para garantia da permanência da vazão de captação, (MEDEIROS e FERNANDES, 2011).

Existem diferentes tipos de poços empregados na captação de água do lençol freático: os que podem ser escavados manualmente, como o raso comum e o Amazonas ou ainda os perfurados com equipamentos, como os tubulares (MMA, 2007).

O poço raso ou escavado (FIGURA 7), popularmente chamado de cacimba ou cacimbão é um poço construído escavando-se o terreno, em geral na forma cilíndrica, com revestimento de alvenaria ou com peças pré-moldadas de concreto (MEDEIROS e FERNANDES, 2011). Este tipo de poço é utilizado predominantemente em pequenas propriedades, devido à baixa produção de água, com carga de dois a três mil litros de água por

dia (BRASIL, 2006). Os poços rasos são comuns em propriedades não atendidas pela rede pública de água.

O poço cacimba possui diâmetro maior que 90cm e profundidade entre 10 a 30 metros, dependendo da posição do lençol freático (BRASIL, 2007; IRITANI e EZAKI, 2012). A parte inferior do poço que fica em contato com o lençol deve ser revestida de pedra arrumada, de alvenaria furada ou de peças cilíndricas pré-moldadas furadas, dependendo da estabilidade do terreno no fundo do poço. Por medida de segurança sanitária a retirada da água do interior do poço deve ser realizada por meio de bombeamento (MEDEIROS e FERNANDES, 2011).

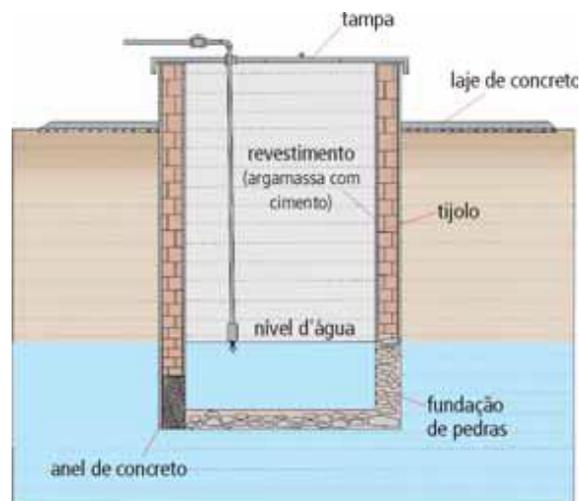


Figura 7 - Esquema de poço raso (IRITANI e EZAKI, 2012).

O poço amazonas é um exemplo de poço raso variável do escavado, desenvolvido pela extinta Fundação de Serviço Especial de Saúde Pública - FSESP, (BRASIL, 2006), próprio de áreas onde o terreno é muito instável por excesso de água no solo. Seu método construtivo é que o caracteriza, empregando peças pré-fabricadas à medida que a escavação se desenvolve. Sua denominação deve-se ao fato de ser muito comum na região amazônica e em função do comportamento instável dos terrenos, principalmente nas épocas de enchentes. São poços para pequenas vazões, destinados a abastecerem pequenas comunidades (MEDEIROS e FERNANDES, 2011).

Poço tubular é aquele onde a perfuração é realizada por meio de máquinas: perfuratrizes à percussão, rotativas ou rotopneumáticas. Possui alguns centímetros de abertura, entre 10 e 50cm, revestido com canos de ferro ou de plástico (CPRM, 1998). Em aquíferos livres, a profundidade dos poços tubulares pode alcançar entre 100 e 200 metros e a capacidade de produção de água é bem maior que o poço cacimba. (IRITANI e EZAKI,

2012). A quantidade de água que um poço tubular pode fornecer depende das características geológicas do local, que influenciam na capacidade de armazenamento e circulação da água no aquífero. Por isso, a produção de água só pode ser estimada a partir de estudos hidrogeológicos ou pela observação de registros operacionais de poços existentes na região (BRASIL, 2006).

A perfuração é realizada com máquinas especiais e de acordo com normas técnicas para o projeto (ABNT/NBR n° 12.212/1992) e construção (ABNT/NBR n°12.244/1992). O furo é normalmente revestido com tubos de aço, ferro ou PVC e serve para impedir o desmoronamento das paredes nas porções de solo e de rochas sedimentares menos consolidadas. Em aquíferos sedimentares, nas porções mais produtivas, como camadas mais arenosas, o tubo de revestimento possui aberturas para permitir a entrada de água para dentro do poço por filtros ou no caso de poços não revestidos, pelas fraturas das rochas. No espaço formado entre a parede do furo e o revestimento, coloca-se areia grossa, que funciona como um pré-filtro, impedindo a entrada de material argiloso quando se bombeia água do poço (IRITANI e EZAKI, 2012).

2.4.2 Captação em lençóis cativos ou artesiano

A captação em lençóis cativos normalmente é realizada por meio de poços artesianos (tubular profundo) e, mais raramente, por fontes de encosta (MIRANDA e MONTEGGIA, 2007). Em aquíferos confinados e profundos, os poços podem atingir mais de 500 metros (IRITANI e EZAKI, 2012).

Constitui-se em uma captação de água no aquífero artesiano, localizado abaixo do lençol freático, entre duas camadas impermeáveis e sujeito a pressão maior que a atmosférica, (BRASIL, 2007). Quando o nível artesianos eleva-se acima da superfície do solo o poço é chamado surgente ou jorrante (FIGURA 8). Caso a água se eleve dentro do poço sem, contudo, ultrapassar a superfície do solo, o poço é dito semi-surgente (BRASIL, 2006).

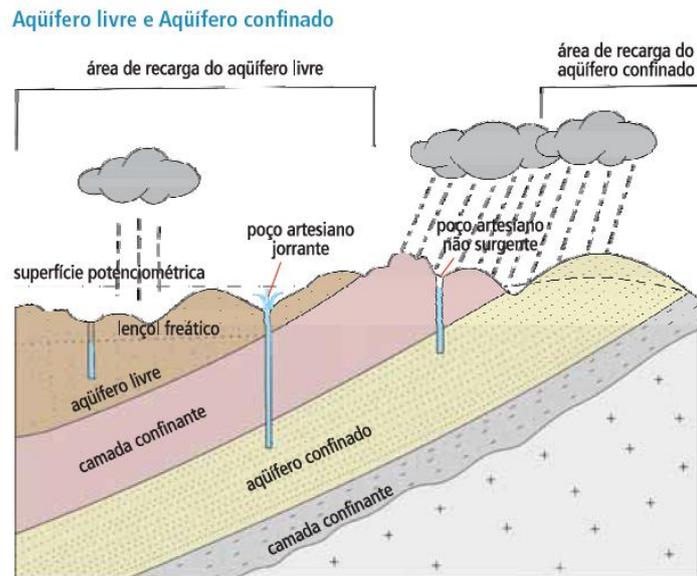


Figura 8 - Aquífero livre e confinado, (IRITANI e EZAKI, 2012).

De acordo com a portaria do Ministério da Saúde (MS) nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011, o sistema de abastecimento de água para consumo humano é a instalação composta por um conjunto de obras civis, materiais e equipamentos desde a zona de captação até as ligações prediais destinada à produção e ao fornecimento coletivo de água potável, por meio de rede de distribuição.

Define solução alternativa coletiva de abastecimento de água para consumo humano como a modalidade de abastecimento coletivo destinada a fornecer água potável, com captação subterrânea ou superficial, com ou sem canalização e sem rede de distribuição. Já a solução alternativa individual de abastecimento de água para consumo humano é a modalidade de abastecimento de água para consumo humano que atenda a domicílios residenciais com uma única família, incluindo seus agregados familiares.

2.5 LEGISLAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

A agência nacional de água (ANA) tem implementado ações de regularização de usos de recursos hídricos no Brasil. Esse processo consiste no cadastramento de usuários de recursos hídricos e objetiva conhecer as demandas pelo uso de água e subsidiar informações para o gerenciamento de recursos hídricos de forma compartilhada entre a União e os Estados por meio de instrumentos como a outorga de direito de uso, a cobrança pelo uso da água e os planos de recursos hídricos (ANA, 2008).

O Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos (CNDARH) foi instituído pela resolução ANA nº 317, de 26 de agosto de 2003 para registro obrigatório de pessoas físicas e

jurídicas de direito público ou privadas usuárias de recursos hídricos e constitui parte integrante do Sistema Nacional de Informações Sobre Recursos Hídricos (SNIRH) que compõe os instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos, Lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997 (ANA, 2008).

O Decreto nº 10.114, de 20 de setembro de 2002 que regulamenta a Lei Complementar nº 255, de 25 de janeiro de 2002, institui a Política Estadual de Recursos Hídricos, disciplina o Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SGRH/RO) e cria o Fundo Estadual de Recursos Hídricos do Estado de Rondônia.

O SGRH/RO é gerido pela Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental (SEDAM) e tem como competência:

- a) emitir outorga preventiva e a outorga de direito de uso de recursos hídricos em corpos de água do domínio do Estado;
- b) exercer a fiscalização, com poder de polícia administrativa no âmbito de sua competência;
- c) gerir o Fundo Estadual de Recursos Hídricos;
- d) promover e supervisionar a implementação da Política de Recursos Hídricos do Estado de Rondônia;

A perfuração de poço tubular ou os já perfurados no Estado de Rondônia está sujeita ao licenciamento ambiental. Entre os procedimentos necessários para a perfuração dos poços está o cadastro no CNRH e o pedido de outorga de direito de uso do recurso hídrico na SEDAM.

2.6 QUALIDADE DA ÁGUA

A portaria do MS nº 2.914/11 determina que toda água destinada ao consumo humano, proveniente de sistema e solução alternativa de abastecimento de água, independentemente da forma de acesso da população, está sujeita à vigilância da qualidade da água.

Vale ressaltar que a água para consumo humano é a água potável destinada à ingestão, preparação e produção de alimentos e à higiene pessoal, independentemente da sua origem. A água potável é definida como água que atenda ao padrão de potabilidade

estabelecido na portaria supracitada e que não ofereça riscos à saúde (DECRETO nº 5.440 de maio de 2005).

Os mananciais apresentam maior vulnerabilidade às fontes de contaminação e susceptibilidade a variações sazonais de qualidade da água. As águas superficiais represadas, lagos naturais ou barragens, em geral, apresentam melhor qualidade que as águas correntes em termos de partículas em suspensão, como a turbidez e organismos patogênicos sedimentáveis como os protozoários. Entretanto, estão mais sujeitas ao fenômeno da eutrofização com alteração da cor e possibilidade de proliferação de algas e cianobactérias.

Neste aspecto as águas subterrâneas são mais bem protegidas, entretanto podem estar sujeitas a fontes de poluição ou contaminação naturais, decorrentes das características do solo, tais como: ferro, manganês, arsênio e fluoretos (BRASIL, 2006 b).

A qualidade das águas depende das condições geológicas, geomorfológicas, cobertura vegetal da bacia de drenagem, do comportamento dos ecossistemas terrestres e de águas doces e também das ações antrópicas. As ações antrópicas que mais podem influenciar a qualidade da água são o lançamento de cargas nos sistemas hídricos, alteração do uso do solo e modificações no sistema fluvial (TUCCI, 2001).

Baracuhy (2007) indica que a erosão hídrica constitui um dos mais importantes fatores de degradação ambiental. Os sedimentos decorrentes dessa erosão se depositarão a jusante, tornando estéreos terrenos agrícolas ou assoreando e inviabilizando rios e zonas inundadas.

O desenvolvimento da agricultura no País, nas duas últimas décadas, está diretamente relacionado ao aumento da área cultivada e da produtividade. A produtividade está associada mais diretamente ao uso de fertilizantes e defensivos agrícolas. Dados internacionais demonstram que, em áreas de intensa atividade agrícola nas zonas de recargas dos aquíferos, são cada vez mais comuns as ocorrências de defensivos agrícolas na água subterrânea. Os três principais nutrientes exigidos pelas culturas são o nitrogênio, potássio e fósforo. A utilização por área destes fertilizantes no Brasil, no ano de 2002, foi de 33,93kg/ha de nitrogênio, 52,50kg/ha de fósforo e 57,19kg/ha de potássio, totalizando 143,62kg/ha (IBGE, 2004). Entre estes elementos, o nitrogênio é aquele que apresenta maior impacto sobre a água subterrânea, ocorrendo principalmente na forma de nitrato. Este composto apresenta alta mobilidade na água subterrânea, podendo contaminar extensas áreas (ANA, 2007 b).

Deve-se salientar que a qualidade da água captada também pode ser influenciada pela construção do poço. No Brasil, apesar da regulamentação por meio de normas de construção e projeto dos poços, nota-se um crescimento de poços construídos sem critérios

técnicos adequados, a exemplo: perfuração em locais inadequados que ocasionam risco a qualidade das águas subterrâneas, à medida que cria uma conexão entre águas mais rasas, mais suscetíveis à contaminação com águas mais profundas e menos vulneráveis (ANA, 2007).

2.7 DOENÇAS DE VEICULAÇÃO HÍDRICA

Até fins do século XIX, a qualidade da água para consumo humano era, em geral, aferida por sua aparência física (cor, sabor e odor). Não havia relação da água impura às doenças como também não dispunham de tecnologia necessária para reconhecer que a estética agradável não garantiria a ausência de microrganismos danosos à saúde. O contínuo crescimento das cidades combinado a falta de água ocasionaram situações incômodas e perigosas para a saúde com ocorrência de endemias e proliferação de pestes (ABES, 2009).

A água mal condicionada em relação aos níveis de potabilidade pode ser responsável pela transmissão de uma série de enfermidades ao consumidor. Estas doenças podem ser classificadas em dois grupos de acordo com o modo de transmissão em primárias e secundárias.

As doenças primárias são aquelas cujo processo de transmissão tem a água como veiculação principal, ou seja, a água é a principal responsável pela contaminação do indivíduo que se dá, normalmente, por ingestão da mesma quando infectada.

A secundária são enfermidades em geral endêmicas, cujo agente infeccioso necessita de um hospedeiro intermediário entre o indivíduo portador e o ser contaminado. Também se enquadram nesta condição as deficiências orgânicas causadas pelo consumo insuficiente ou exageradas de certos elementos necessários ao desempenho de determinadas funções do corpo humano (MEDEIROS e FERNANDES, 2011).

Alguns exemplos de doenças vinculadas pelos recursos hídricos podem ser observados no Quadro 1.

Quadro 1 - Doenças relacionadas com o abastecimento de água.

Transmissão	Doença	Agente patogênico	Medida
Pela água.	Cólera Febre tifóide Giardiase Amebíase Hepatite infecciosa Diarréia aguda	<i>Vibrio cholerae</i> O1 e O139; <i>Salmonella typhi</i> ; <i>Giardia lamblia</i> ; <i>Entamoeba histolytica</i> ; <i>Hepatite virus A e E</i> ; <i>Balantidium coli</i> , <i>Cryptosporidium</i> , <i>Bacillus cereus</i> , <i>S. aureus</i> , <i>Campylobacter</i> , <i>E. coli</i> enterotoxogênica e enteropatogênica, enterohemolítica, <i>Shigella</i> , <i>Yersinia enterocolitica</i> , <i>Astrovirus</i> , <i>Calicivirus</i> , <i>Norwalk</i> , <i>Rotavirus A e B</i> ;	- Implantar sistema de abastecimento e tratamento da água, com fornecimento em quantidade e qualidade para consumo humano, uso doméstico e coletivo; - Proteger de contaminação os mananciais e fontes de água;
Pela falta de limpeza, higienização com a água.	Escabiose Pediculose (piolho) Tracoma Conjuntivite bacteriana aguda Salmonelose Tricuríase Enterobiase Ancilostomíase Ascaridíase	<i>Sarcoptes scabiei</i> ; <i>Pediculus humanus</i> ; <i>Clamidia trachomatis</i> ; <i>Haemophilus aegyptius</i> ; <i>Salmonella typhimurium</i> , <i>S. enteritidis</i> ; <i>Trichuris trichiura</i> ; <i>Enterobius vermiculares</i> ; <i>Ancylostoma duodenale</i> ; <i>Ascaris lumbricoides</i> ;	- Implantar sistema adequado de esgotamento sanitário; - Instalar abastecimento de água preferencialmente com encanamento no domicílio; - Instalar melhorias sanitárias domiciliares e coletivas; - Instalar reservatório de água adequado com limpeza sistemática (a cada seis meses);
Por vetores que se relacionam com a água.	Malária Dengue Febre amarela Filariose	<i>Plasmodium vivax</i> , <i>P. malariae</i> e <i>P. falciparum</i> ; Grupo B dos arbovirus; <i>RNA virus</i> ; <i>Wuchereria bancrofti</i> ;	- Eliminar o aparecimento de criadouros de vetores com inspeção sistemática e medidas de controle (drenagem, aterro e outros); - Dar destinação final adequada aos resíduos sólidos;
Associada à água.	Esquistossomose Leptospirose	<i>Schistosoma mansoni</i> ; <i>Leptospira interrogans</i> ;	- Controlar vetores e hospedeiros intermediários.

Fonte: Adaptado de Saunders (1976) apud BRASIL (2006 b).

2.8 VARIÁVEIS UTILIZADAS NO MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA

As características físicas, químicas e biológicas da água estão associadas a uma série de processos que ocorrem no corpo hídrico e em sua bacia de drenagem. O meio líquido apresenta duas características marcantes que condicionam de maneira absoluta a conformação desta qualidade, a capacidade de dissolução e a capacidade de transporte.

As substâncias dissolvidas e as partículas presentes no seio da massa líquida são transportadas pelos cursos d'água, mudando continuamente de posição e estabelecendo um caráter fortemente dinâmico para a questão da qualidade da água. Outro aspecto refere-se às comunidades de organismos que habitam o ambiente aquático. Em sua atividade metabólica, alguns organismos provocam alterações físicas e químicas na água, enquanto outros sofrem os efeitos dessas alterações (BRASIL, 2006 c).

As características físicas, químicas e biológicas da água analisadas em conjunto permitem avaliar a qualidade da água.

2.8.1 Temperatura

A temperatura expressa a energia cinética das moléculas de um corpo, sendo seu gradiente o fenômeno responsável pela transferência de calor em um meio. A alteração da

temperatura da água pode ser causada por fontes naturais, principalmente energia solar, ou antropogênicas como despejos industriais e águas de resfriamento de máquinas. A temperatura exerce influência marcante na velocidade das reações químicas, nas atividades metabólicas dos organismos e na solubilidade de substâncias (BRASIL, 2006 c). A solubilidade dos gases decresce e a dos sais minerais cresce com o aumento da temperatura da água (PORTO et al., 1991).

As águas para consumo humano com temperaturas elevadas aumentam as perspectivas de rejeição ao uso. Águas subterrâneas captadas a grandes profundidades frequentemente necessitam de unidades de resfriamento, a fim de adequá-las ao abastecimento. Diversas cidades do interior do Estado de São Paulo utilizam-se de águas subterrâneas após resfriamento (BRASIL, 2006 c).

A amplitude térmica anual das águas subterrâneas em geral é baixa (de 1 a 2° C) e independe da temperatura atmosférica, a não ser nos aquíferos freáticos pouco profundos, onde a temperatura é um pouco superior a da superfície (FEITOSA e MANOEL FILHO, 1997).

2.8.2 Turbidez

A turbidez pode ser definida como uma medida do grau de interferência à passagem da luz através do líquido. A alteração à penetração da luz na água decorre da presença de material em suspensão, sendo expressa por meio de unidades de turbidez (também denominadas unidades de Jackson ou nefelométricas) (BRASIL, 2006 c).

A turbidez dos corpos d'água é particularmente alta em regiões com solos erodíveis, onde a precipitação pluviométrica pode carrear partículas de argila, silte, areia, fragmentos de rocha e óxidos metálicos do solo. Grande parte das águas de rios brasileiros é naturalmente turva em decorrência das características geológicas das bacias de drenagem, ocorrência de altos índices pluviométricos e uso de práticas agrícolas inadequadas (PARRON et al., 2011).

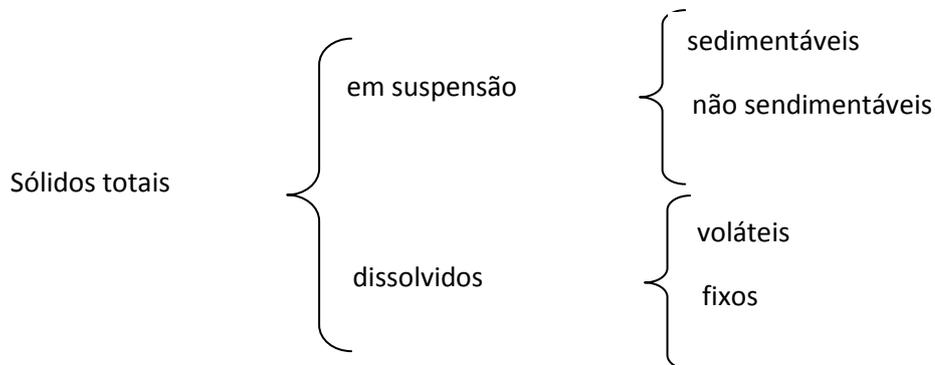
A clareza de um corpo d'água natural é um dos principais determinantes da sua condição e produtividade (BRASIL, 2006 c; PARRON et al., 2011).

Além da ocorrência de origem natural, a turbidez da água pode também ser causada por lançamentos de esgotos domésticos ou industriais. A turbidez para fins de potabilidade influencia nos processos usuais de desinfecção, atuando como escudo aos microrganismos patogênicos e assim minimizando a ação do desinfetante (BRASIL, 2006 c; PARRON et al., 2011).

As águas subterrâneas normalmente não apresentam problemas devido ao excesso de turbidez (FEITOSA e MANOEL FILHO, 1997).

2.8.3 Sólidos

Os sólidos presentes na água podem estar distribuídos da seguinte forma:



Sólidos totais correspondem à carga sólida em suspensão e que pode ser separada por simples filtração ou mesmo decantação. O termo sólido é amplamente utilizado para a maioria dos compostos presentes em água e que permanecem em estado sólido após evaporação (GASTALDINI e MENDONÇA, 2001).

Sólidos em suspensão podem ser definidos como as partículas passíveis de retenção por processos de filtração. Sólidos dissolvidos são constituídos por partículas de diâmetro inferior a 10^{-3} μm e que permanecem em solução mesmo após a filtração. É a soma de todos os constituintes químicos dissolvidos na água (BRASIL, 2006 c; PARRON et al., 2011).

A determinação dos sólidos totais dissolvidos (STD) detém importância na qualidade estética da água potável e como um indicador agregado da presença de produtos químicos contaminantes. As fontes primárias destes sólidos em águas receptoras são agrícolas e residenciais, de lixiviados de contaminação do solo e de fontes pontuais de descarga de poluição das águas industriais ou estações de tratamento de esgoto. As substâncias dissolvidas podem conter íons orgânicos e íons inorgânicos como o carbonato, bicarbonato, cloreto, sulfato, fosfato, nitrato, cálcio, magnésio e sódio que em concentrações elevadas podem ser prejudiciais à vida aquática (PARRON et al., 2011).

O padrão de potabilidade refere-se apenas aos sólidos totais dissolvidos (limite: 1000mg/L), já que essa parcela reflete a influência de lançamento de esgotos, além de afetar a qualidade organoléptica da água (BRASIL, 2006 c).

As águas subterrâneas, na sua maioria, não apresentam sólidos em suspensão e quando um poço está produzindo água com significativo teor de sólidos em suspensão é geralmente como consequência de mau dimensionamento do filtro ou do pré-filtro ou completação insuficiente do aquífero ao redor do filtro. As características químicas das águas subterrâneas refletem os meios por onde percolam, guardando uma relação com os tipos de

rochas drenados e com os produtos das atividades humanas adquiridas ao longo de seu trajeto (ZIMBRES, 2003).

2.8.4 Condutividade elétrica

A condutividade elétrica da água indica sua capacidade de transmitir corrente elétrica em função da presença de substâncias dissolvidas que se dissociam em ânions e cátions. Quanto maior a concentração iônica da solução maior é a oportunidade para a ação eletrolítica e, portanto, maior a capacidade em conduzir corrente elétrica. (BRASIL, 2006 c; PARRON et al., 2011).

Muito embora não se possa esperar uma relação direta entre condutividade e concentração de sólidos totais dissolvidos, já que as águas naturais não são soluções simples, tal correlação é possível para águas de determinadas regiões onde exista a predominância bem definida de um determinado íon em solução (BRASIL, 2006 c).

Enquanto as águas naturais apresentam teores de condutividade na faixa de 10 a 100 μ Sm/cm, em ambientes poluídos por esgotos domésticos ou industriais os valores podem chegar até 1.000 μ Sm/cm (BRASIL, 2006 c).

Como há uma relação de proporcionalidade entre o teor de sais dissolvidos e a condutividade elétrica pode-se estimar o teor de sais pela medida de condutividade de uma água (ZIMBRES, 2003).

Oliveira et al., (2000) reforçam que a condutividade elétrica é um indicador da presença de material orgânico recente introduzido no corpo de água.

2.8.5 pH

O potencial hidrogênio (pH) representa a intensidade das condições ácidas ou alcalinas do meio líquido por meio da medição da presença de íons hidrogênio (H⁺). A medição do pH é uma das ferramentas mais importantes e frequentemente utilizadas na análise da água e influi na distribuição das formas livre e ionizada de diversos compostos químicos, além de contribuir para um maior ou menor grau de solubilidade das substâncias, definindo o potencial de toxicidade de vários elementos (BRASIL, 2006 c; PARRON et al., 2011).

Os principais fatores que determinam o pH da água são a concentração do gás carbônico dissolvido e a alcalinidade. O pH das águas subterrâneas varia geralmente entre 5,5 e 8,5 (FEITOSA e MANOEL FILHO, 1997).

Existem variâncias nas faixas de valor do pH provocadas por influências naturais, como é o caso de rios de cores intensas, em decorrência da presença de ácidos húmicos provenientes da decomposição de vegetação, resultando em valores ácidos observado em

alguns cursos d'água na planície amazônica. A acidificação das águas também pode ser proveniente da poluição atmosférica, mediante complexação de gases poluentes com o vapor d'água, provocando o predomínio de precipitações ácidas. Podem também existir ambientes aquáticos naturalmente alcalinos em função da composição química de suas águas, como é o exemplo de alguns lagos africanos nos quais o pH chega a ultrapassar o valor de 10 (PARRON et al., 2011).

As alterações de pH podem ter origem natural como a dissolução de rochas e fotossíntese ou antropogênica como os despejos domésticos e industriais (BRASIL, 2006 c).

2.8.6 Oxigênio dissolvido

Trata-se de um dos parâmetros mais significativos para expressar a qualidade de um ambiente aquático. As variações nos teores de oxigênio dissolvido estão associadas aos processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem nos corpos d'água. Para a manutenção da vida aquática aeróbia são necessários teores mínimos de oxigênio dissolvido de 2 a 5mg/L, de acordo com o grau de exigência de cada organismo. Em condições de anaerobiose (ausência de oxigênio dissolvido), os compostos químicos são encontrados na sua forma reduzida, isto é, não oxidada, a qual é geralmente solúvel no meio líquido, disponibilizando, portanto as substâncias para assimilação pelos organismos que sobrevivem no ambiente. À medida que aumenta a concentração de oxigênio dissolvido, os compostos vão-se precipitando, ficando armazenados no fundo dos corpos d'água (BRASIL, 2006 c).

2.8.7 Série nitrogenada

No meio aquático, o elemento químico nitrogênio pode ser encontrado sob diversas formas (BRASIL, 2006 c):

- a) íon amônio (NH_4^+): forma reduzida do nitrogênio, sendo encontrada em condições de anaerobiose, serve ainda como indicador do lançamento de esgotos de elevada carga orgânica;
- b) íon nitrito (NO_2^-): forma intermediária do processo de oxidação, apresentando uma forte instabilidade no meio aquoso;
- c) íon nitrato (NO_3^-): forma oxidada de nitrogênio, encontrada em condições de aerobiose;
- d) nitrogênio molecular (N_2): nessa forma, o nitrogênio está, continuamente, sujeito a perdas para a atmosfera. Algumas espécies de algas conseguem fixar o nitrogênio

atmosférico, o que permite seu crescimento mesmo quando as outras formas de nitrogênio não estão disponíveis na massa líquida;

- e) nitrogênio orgânico: constituído por nitrogênio na forma dissolvida (compostos nitrogenados orgânicos) ou particulada (biomassa de organismos);

O ciclo do nitrogênio conta com a intensa participação de bactérias, tanto no processo de nitrificação (oxidação bacteriana do amônio a nitrito e deste a nitrato) quanto no processo de desnitrificação (redução bacteriana do nitrato ao gás nitrogênio) (MORAES, 2008).

O nitrogênio é um dos mais importantes nutrientes para o crescimento de algas e macrófitas (plantas aquáticas superiores), sendo facilmente assimilável nas formas de amônio e nitrato. Em condições fortemente alcalinas, ocorre o predomínio da amônia livre ou não ionizável, que é bastante tóxica a vários organismos aquáticos (MORAES, 2008).

Ressalta-se que o nitrato, em concentrações elevadas, está associado à doença da metahemoglobinemia, que dificulta o transporte de oxigênio na corrente sanguínea de bebês. Em adultos, a atividade metabólica interna impede a conversão do nitrato em nitrito que é o agente responsável por essa enfermidade (MORAES, 2008).

O nitrogênio além de ser fortemente encontrado na natureza, na forma de proteínas e outros compostos orgânicos, também tem origem antropogênica, principalmente em decorrência do lançamento, em corpos d'água, de despejos domésticos, industriais e de criatórios de animais, bem como o uso de fertilizantes (BRASIL, 2006 c).

O nitrato representa o estágio final da oxidação da matéria orgânica e teores acima de 5mg/L podem ser indicativos de contaminação da água subterrânea por atividade humana como esgotos, fossas sépticas, depósitos de resíduos e outros. A presença de nitrito na água subterrânea é um indicativo de poluição recente. As águas subterrâneas apresentam geralmente teores de nitrato no intervalo de 0,1 a 10mg/L, porém, em águas poluídas, os teores podem chegar a 1.000mg/L (FEITOSA e MANOEL FILHO, 1997).

2.8.8 Fósforo

O fósforo é, em razão da sua baixa disponibilidade em regiões de clima tropical, o nutriente mais importante para o crescimento de plantas aquáticas. Quando esse crescimento ocorre em excesso, prejudicando os usos da água, caracteriza-se o fenômeno conhecido como eutrofização. No ambiente aquático, o fósforo pode ser encontrado como orgânico: solúvel (matéria orgânica dissolvida) ou particulado (biomassa de microrganismos) e inorgânico:

solúvel (sais de fósforo) ou particulado (compostos minerais de difícil solubilização, como apatita) (PARRON et al., 2011).

A fração mais significativa no estudo do fósforo é a inorgânica solúvel, que pode ser diretamente assimilada para o crescimento de algas e macrófitas. A presença de fósforo na água está relacionada a processos naturais como a dissolução de rochas, carreamento do solo, decomposição de matéria orgânica e chuva ou antropogênicos como lançamento de esgotos, detergentes, fertilizantes e pesticidas. Em águas naturais não poluídas, as concentrações de fósforo situam-se na faixa de 0,01 a 0,05mg/L (BRASIL, 2006 c; PARRON et al., 2011).

2.8.9 Microrganismos de importância sanitária

O papel dos microrganismos no ambiente aquático está fundamentalmente vinculado à transformação da matéria dentro do ciclo dos diversos elementos. Tais processos são realizados com o objetivo de fornecimento de energia para a sobrevivência dos microrganismos. Um dos processos mais significativos é a decomposição da matéria orgânica, realizada principalmente por bactérias. Esse processo é vital para o ambiente aquático, na medida em que a matéria orgânica que ali chega é decomposta em substâncias mais simples pela ação das bactérias (BRASIL, 2006 c).

Entretanto as doenças infecciosas podem ser causadas por bactérias, vírus, protozoários ou parasitas e constituem, pelas suas características agudas e generalizadas, o principal risco à saúde associado ao consumo de água (INSA, 2010).

A maior parte das doenças associadas à água é transmitida por via fecal, isto é, os organismos patogênicos, ao serem eliminados pelas fezes, atingem o ambiente aquático, podendo vir a contaminar as pessoas que se abastecem de forma inadequada dessa água. Quanto maior a população de coliformes em uma amostra de água, maior é a chance de que haja contaminação por organismos patogênicos (BRASIL, 2006 c).

Numerosas experiências revelaram que, em geral é necessária a ingestão de um grande número de microrganismos para que a doença se manifeste. No entanto, é impossível estabelecer com rigor a dose mínima infectante, uma vez que esta varia de indivíduo para indivíduo, dentro do mesmo grupo etário e entre grupos etários diferentes (INSA, 2010).

A determinação individual da eventual presença de cada microrganismo patogênico em uma amostra de água não pode ser feita rotineiramente, uma vez que envolveria a preparação de diferentes meios de cultura, tornando o procedimento complexo e financeiramente inviável (BRASIL, 2006 c). Desta forma faz-se uso de organismos facilmente identificáveis, cuja ocorrência na água está correlacionada à presença de

organismos patogênicos, denominados organismos indicadores (FRANCO e LANDGRAF, 2003).

O mais importante grupo de organismos indicadores são as bactérias coliformes. Estas bactérias estão presentes no trato intestinal do homem e animais de sangue quente, servindo, portanto como indicadoras da contaminação de uma amostra de água por fezes (CARMOUZE, 1994).

Uma grande vantagem no uso de bactérias coliformes como indicadoras de contaminação fecal é a sua presença em grandes quantidades nos esgotos domésticos (BRASIL, 2006 c), como também apresentar alta resistência ao ambiente extra-enteral e ser detectável através de técnicas rápidas, simples e precisas (FRANCO e LANDGRAF, 2003).

Os Coliformes Totais (CT) também denominados termotolerantes são os indicadores de contaminação mais usados para monitorar a qualidade sanitária da água (BETTEGA et al., 2006).

Os termotolerantes incluem pelo menos três gêneros: *Escherichia*, *Enterobacter* e *Klebsiella*, que indicam contaminação de origem fecal (CARDOSO et al., 2000). Destas, apenas a *Escherichia coli* tem como habitat primário o trato intestinal do homem e animais, sendo o principal indicador de coliformes fecais. (FRANCO e LANDGRAF, 2003).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

O Estado de Rondônia localiza-se na Amazônia Ocidental, situado entre os paralelos 7° 58' e 13° 43' de latitude Sul e os meridianos 59° 50' e 66° 48' de longitude Oeste de Greenwich e não sofre grandes influências do mar ou da altitude. Segundo a classificação de Köppen, o Estado de Rondônia possui um clima do tipo Aw - Clima Tropical Chuvoso, ou seja, úmido e quente (SEDAM, 2010).

A média anual da precipitação pluvial varia entre 1.400 e 2.500mm/ano e a média anual da temperatura do ar entre 24 e 26 °C. O período chuvoso ocorre entre os meses de outubro a abril, o período seco entre junho e agosto e os meses de transição são maio e setembro (SEDAM, 2010).

As propriedades estudadas localizam-se na região central do estado de Rondônia, nos municípios de Jarú, Vale do Anari, Presidente Médici, Ji-Paraná e no distrito de Ji-Paraná: Nova Colina.

Os pontos de coleta estão localizados na bacia hidrográfica do Rio Ji-Paraná (Machado). Esta bacia localiza-se na porção leste do estado de Rondônia (FIGURA 9), em uma das regiões com maiores taxas de desmatamento da Amazônia (KRUSCHE et al., 2005) e corresponde a maior bacia hidrográfica formadora do Rio Madeira, no âmbito do Estado de Rondônia (FIERO, 1997).

Na literatura encontram-se valores variáveis com relação à área de influência da bacia hidrográfica do Rio Ji-Paraná. Krusche et al., (2005) apontam que a área de drenagem corresponde a 75.400km² e descarga média anual de 700m³.s⁻¹. A nascente é formada pelos rios Comemoração e Pimenta Bueno, os quais apresentam baixo grau de alteração do uso e cobertura do solo em seus trechos iniciais (KRUSCHE et al., 2005). A confluência destes dois rios resulta no rio Ji-Paraná, o mais importante afluente do rio Madeira em Rondônia, dada a longa extensão de seu curso que corta o Estado desde o sul até o norte, no sentido sudeste/nordeste (FIERO, 1997).

O rio Ji-Paraná ao longo do seu curso recebe a contribuição de outros cinco tributários principais: Rolim de Moura, Urupá, Jarú, Machadinho e Preto. À medida que o canal principal aumenta em ordem, passa, sucessivamente, por áreas com graus de alteração médio, alto e muito alto. Contudo, no seu trecho final, a partir da entrada do rio Machadinho passa a drenar uma área com baixo grau de alteração antropogênica (KRUSCHE et al., 2005).

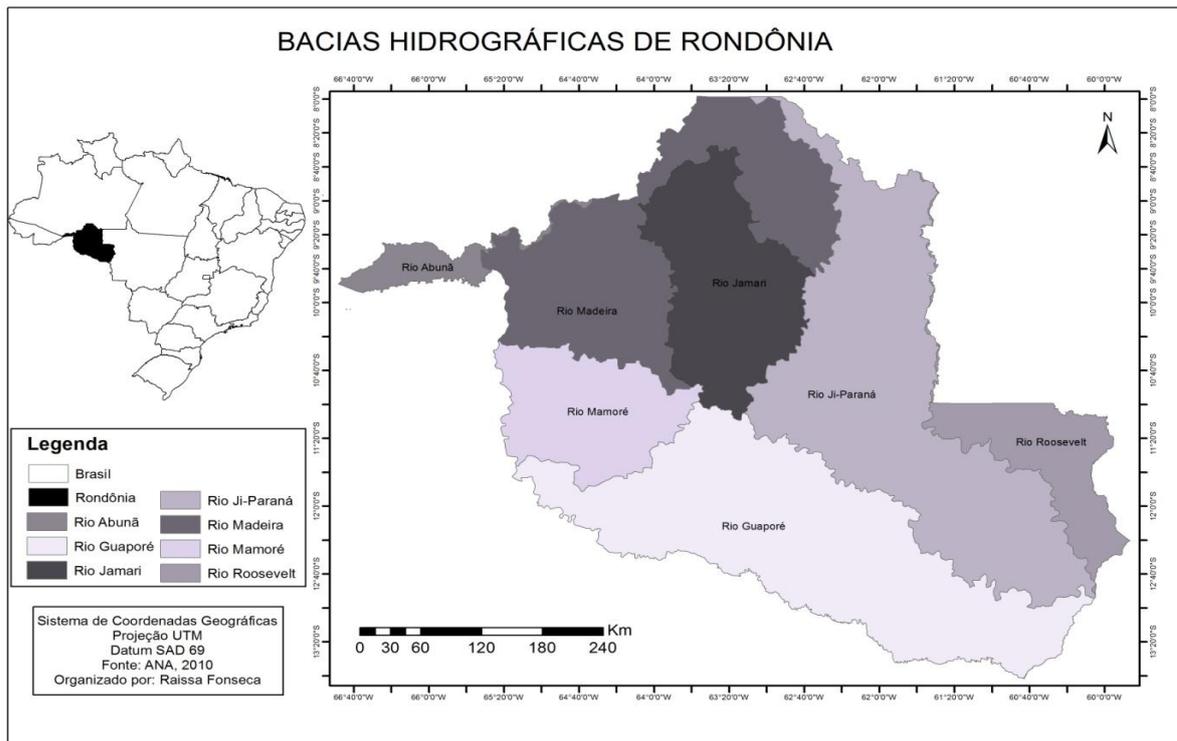


Figura 9 - Bacias hidrográficas de Rondônia.

Os solos encontrados no Território Central são na grande parte compostos por latossolos. Os latossolos são solos bem intemperizados, ou seja, bem desenvolvidos, são solos profundos (de um a dois metros) ou muito profundos (mais de dois metros), bem drenados, pouca diversificação de cor e textura, apresentam maior resistência aos processos erosivos e, no geral, são solos com baixa fertilidade sendo necessária correção e adubação. O relevo do Território Central é constituído predominantemente sobre rochas do embasamento cristalino, com altitude média variando entre os 200 a 300 metros, sendo que há pontos ondulados e fortemente ondulados (PESACRE, 2007).

3.2 PONTOS AMOSTRAIS

As propriedades produtoras de polpas de frutas foram identificadas junto a Associação de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Rondônia (EMATER).

Foram selecionadas 15 propriedades produtoras de polpa de frutas (FIGURA 10), localizadas na área rural. Em cada propriedade selecionada foram coletadas amostras de água da respectiva fonte de captação nos períodos seco (agosto de 2012) e chuvoso (janeiro de 2013). Paralelamente as coletas de água, as propriedades foram georreferenciadas. Com a finalidade de verificar as medidas hidro-sanitárias adotadas e as características físicas de esgotamento de cada propriedade, foi aplicado um questionário ao responsável de cada propriedade (APÊNDICE A).

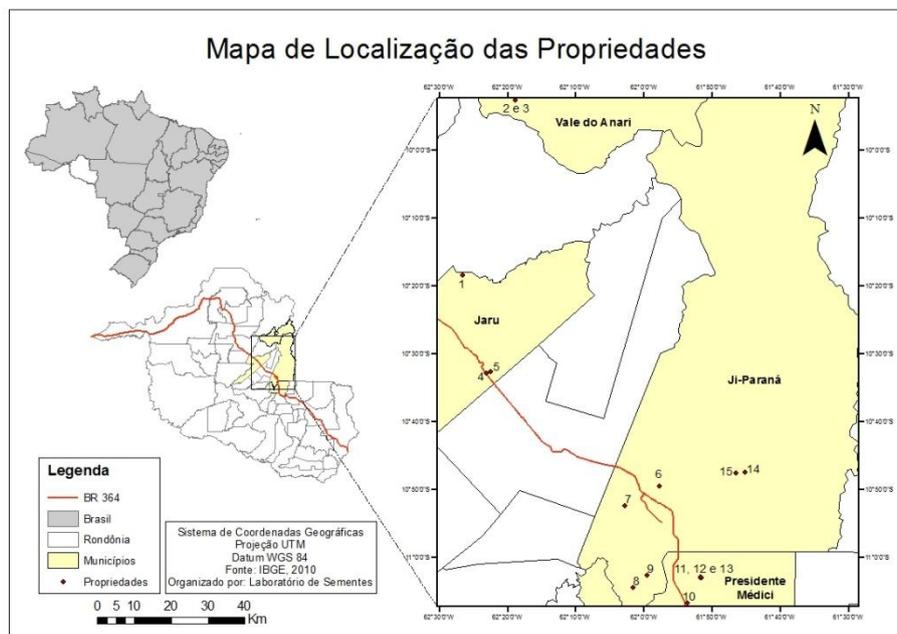


Figura 10 - Localização das propriedades rurais selecionadas.

3.3 GEORREFERENCIAMENTO

O georreferenciamento das propriedades selecionadas ocorreu com auxílio de GPS (*Global Position System*) modelo Garmin 76Csx. As imagens utilizadas foram adquiridas do *Google Earth* por meio do provedor Digital Globe. O processamento digital das imagens, obtenção de métricas de paisagem e localização dos pontos foram realizadas pelos *softwares*: Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas (SPRING), versão 5.1.8 disponibilizado gratuitamente pelo Instituto de Pesquisa Espacial - INPE do Brasil, por meio do sítio <<http://www.dpi.inpe.br/spring/>> e GVSIG, versão 1.9. Utilizou-se o Sistema de Projeção Universal Transverso de Mercator (UTM), Modelo da Terra *South American Datum* (SAD-69). Utilizando como base de dados o acervo disposto no sítio do IBGE (2010).

3.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Foi utilizado o método não-paramétrico para comparação de duas amostras pareadas, um dos principais testes de comparação de duas amostras relacionadas. Realizou-se uma média de cada parâmetro no período de seca e chuva e foram analisadas por meio do método de Wilcoxon com nível de significância de 5%, utilizando-se o *software* STATISTICA versão 7.0.

3.5 ANÁLISES FÍSICAS, QUÍMICAS E MICROBIOLÓGICAS DA ÁGUA

Em cada propriedade selecionada foram coletadas amostras de água diretamente das fontes de captação por meio de garrafas plásticas de água mineral (500mL) novas, lacradas até o momento da coleta, a fim de mantê-las esterilizadas. Na coleta de água as garrafas foram mergulhadas com o auxílio de um coletor (FIGURA 11) semelhante ao desenvolvido por Rodrigues (2008). Após a coleta, as amostras foram acondicionadas em caixas térmicas e mantidas refrigeradas até o momento da realização das análises no Laboratório de Limnologia e Microbiologia Ambiental (LABLIM).



Figura 11 - Coletor utilizado nas coletas de água.

Foram realizadas análises físicas, químicas e microbiológicas nas amostras de água coletadas, seguindo as metodologias descritas a seguir:

3.5.1 Análises físicas e químicas

As variáveis temperatura da água, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos e potencial hidrogeniônico (pH) foram determinadas *in loco* por meio de sonda multiparâmetro (HANNA, modelo 2728). As análises de turbidez foram realizadas com auxílio de turbidímetro de bancada (HACH, modelo 2100 P).

Para o oxigênio dissolvido (OD), utilizou-se o método iodométrico de Winkler (1988) modificado pela azida por meio da titulometria.

E as análises de amônia, nitrito, nitrato, fósforo total e fósforo inorgânico dissolvido foram realizadas pelo método espectrofotométrico conforme os métodos descritos em *Standart of Methods for the Examination of Water and Wasterwater* (APHA, 1995).

3.5.2 Análise de oxigênio dissolvido

O oxigênio dissolvido foi determinado pelo método proposto por Winkler (1988), modificado pela azida, realizado pela titulação. Este método baseia-se na oxidação do hidróxido de manganês pelo oxigênio dissolvido, em meio de iodeto alcalino, resultando um composto de manganês tetravalente. A acidificação deste composto oxida o iodeto a iodo. O iodo livre é equivalente à quantidade de oxigênio dissolvido e é determinado por titulação com uma solução padrão de tiosulfato de sódio.

3.5.3 Análise de nitrato, nitrito e amônia

As análises das concentrações de nitrato, nitrito e amônia foram realizadas por meio do método espectrofotométrico (APHA, 1995) utilizando-se amostras previamente filtradas (membrana de acetato de celulose com porosidade de 0,45 μ m). A obtenção das absorbâncias foi realizada utilizando-se espectrofotômetro UV (RACH, modelo DR 5000).

Utilizou-se para a amônia o método azul de indofenol (APHA, 1995). Neste método, as amostras e as soluções padrões são mantidas em solução moderadamente alcalina (NaOH), onde o radical amônia reage com o hipoclorito, formando a monocloramina (NH₂Cl). Este produto formado, em presença de fenol e um excesso de hipoclorito, catalisado por íons nitroprussiatos, forma o azul de indofenol. Em seguida a determinação das absorbâncias (630nm) foi realizada em espectrofotômetro.

Para a análise do nitrito, as amostras foram dispostas em meio fortemente ácido, onde o nitrito reage com sulfanilamida para formar o composto diazônio, o qual reage quantitativamente com n - (1 - naftil) etilenodiamina dihidroclorato para formar um composto fortemente colorido (rósea) onde então foram determinadas as absorbâncias na faixa de 543nm (APHA, 1995).

Para a determinação da concentração de nitrato foi utilizada a metodologia descrita em Forest et al., (2005) e APHA (1995). Para a concentração de nitrato, adicionou às amostras a suspensão de hidróxido de alumínio, para que a matéria orgânica presente na amostra fosse sedimentada e desta forma pudesse ser realizada nova filtragem (membrana de acetato de celulose com porosidade de 0,45 μ m). Foram obtidas a absorbâncias das amostras e soluções padrões em dois comprimentos de onda uma vez que a matéria orgânica absorve ondas de

220nm e de 275nm, entretanto o íon nitrato não absorve esta última. Desta forma, uma segunda medida em 275nm torna-se necessária para que o valor de absorvância referente à matéria orgânica seja subtraído, como demonstrado a seguir:

Absorvância devida a nitrato = (absorvância lida em 220nm) – 2.(abs. lida em 275nm)

3.5.4 Análise de fósforo inorgânico dissolvido e fósforo total

A análise da concentração de fósforo inorgânico dissolvido foi realizada em amostras previamente filtradas (membrana de acetato de celulose com porosidade de 0,45µm), enquanto que para a análise de fósforo total utilizou-se as amostras de água bruta. Ambas as análises foram realizadas por meio do método espectrofotométrico descrito em *Standard of Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1995). Para a determinação de fósforo total adicionou-se primeiramente às amostras e as soluções padrões uma solução saturada de persulfato de potássio, em seguida as amostras foram autoclavadas por aproximadamente 1 hora (100°C e 120atm de pressão). Após resfriamento das amostras e soluções padrões, as mesmas seguiram os mesmos procedimentos analíticos utilizados na determinação do fósforo inorgânico dissolvido.

Para a determinação do fósforo inorgânico dissolvido foram adicionadas as amostras e soluções padrões uma solução contendo molibdato de amônio, ácido sulfúrico, solução de ácido ascórbico e solução de tartarato de antimônio e potássio, como descrito em APHA (1995). Após 20 minutos as absorvâncias foram obtidas na faixa de 882nm como ortofosfato (PO₄)³⁻.

3.5.5 Análise microbiológica

A qualidade microbiológica da água foi analisada por meio da presença das bactérias do grupo coliforme, com a contagem dos coliformes fecais (*Escherichia coli*) e coliformes totais, utilizando o método de membranas filtrantes em meio cromogênico (APHA, 1995).

O método de membranas filtrantes em meio cromogênico consiste em passar um volume conhecido de água (100mL) por uma membrana quadriculada (porosidade de 0,45µm e diâmetro de 0,47mm) com o auxílio de um sistema de filtração e bomba a vácuo (FIGURA 12, A). Em seguida, as membranas foram dispostas em placas *Petri* (FIGURA 12, B), contendo meio de cultura seletivo *Plate Count Agar* (HIMEDIA) e incubadas em estufa bacteriológica por 24 horas a uma temperatura de 35±2 °C. Após o período de incubação foi realizada a contagem do número de colônias desenvolvidas nas placas e os resultados obtidos foram expressos em unidades formadoras de colônia por 100mL (UFC/100mL).



Fonte: Microclar, 2013.

Figura 12 - Materiais utilizados para análise microbiológica: bomba à vácuo (A) e placa *Petri* (B).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ASPECTOS GERAIS DO ABASTECIMENTO E DISPOSIÇÃO DE EFLUENTES

4.1.1 Abastecimento

Dentre as formas de acesso a água para consumo humano, constatou-se que os produtores utilizam a solução alternativa individual como forma de abastecimento. Das 15 propriedades, 6,7% (propriedade 6) utiliza poço tubular, 26,7% (propriedades 4, 5, 7 e 14) fazem uso de nascentes e as demais que corresponde a 66,7% fazem uso de poços rasos (TABELA 1).

A Portaria do MS nº 2.914/11 define solução alternativa coletiva de abastecimento de água para consumo humano como a modalidade de abastecimento destinada a fornecer água potável, com captação subterrânea ou superficial, com ou sem canalização e sem rede de distribuição. Sendo a solução alternativa individual de abastecimento de água para consumo humano a modalidade que atenda a domicílios residenciais com uma única família, incluindo seus agregados familiares.

Salienta-se ainda que no Estado de Rondônia a outorga destina-se ao poço tubular conforme o Decreto nº 10.114, de 20 de setembro de 2002 no artigo 74. Ressaltando que o uso dos recursos hídricos para a satisfação das necessidades de pequenos núcleos populacionais distribuídos no meio rural fica isento da outorga de direito de uso do recurso hídrico (Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997).

Verificou-se também que entre as fontes de captação (poços e nascentes) em duas propriedades são revestidas em alvenaria, oito possuem manilha e o poço tubular devido ao seu método de construção possui encanamento. No entanto, quatro propriedades (3, 4, 11 e 12) não possuem revestimento (TABELA 1).

Com relação à cobertura das fontes de água 10 propriedades utilizam tampa em concreto, enquanto que 4 propriedades (4, 7, 8 e 14) utilizam como tampa telha tipo fibrocimento, tela e madeira. As formas de extração da água em 14 propriedades ocorrem com o auxílio de bomba e em uma propriedade (5) faz uso de roda d'água (TABELA 1 e FIGURAS 13 a 26).

A utilização de critérios técnicos adequados na construção dos poços torna-se importante uma vez que pode influenciar na qualidade da água captada como também, podem ocasionar risco a qualidade das águas subterrâneas por meio da interconexão entre os aquíferos (ANA, 2007). De acordo com Iritani e Ezaki (2012) a parede dos poços deve ser erguida alguns centímetros acima do solo e uma laje de concreto devem ser construídas ao seu

redor. A impermeabilização da parede do poço até os primeiros metros de profundidade e a laje de proteção evita a infiltração de água suja ou poluída que contaminam a água subterrânea. O poço deve permanecer sempre tampado e seu entorno cercado para evitar a circulação de pessoas e animais. Além disso, a água deve ser extraída, preferencialmente, por meio de bombas manuais ou elétricas de baixa potência, pois o uso de carretilhas e baldes pode carrear sujeira para dentro do poço.

Heller e Pádua (2006) indicam que as obras envolvidas na complementação dos poços escavados constituem-se da impermeabilização de pelo menos três metros da porção superior do poço como proteção sanitária, a construção de uma parede impermeável de um metro acima da superfície do terreno, como também a construção de uma tampa de concreto para o poço.

É fundamental o acompanhamento técnico durante a construção da fonte, assim como a limpeza do local, lavagem das pedras e da lona plástica, higienização dos trabalhadores no momento da construção, pois poderá aumentar as chances de entrada de sujeira e a qualidade da água ficará comprometida. Além disso, a água captada superficialmente, ou oriunda de lençol freático pouco profundo, apresenta baixa proteção física do solo ou de rochas, o que as tornam mais propensas à contaminação. Assim, torna-se obrigatório o tratamento físico, através de filtros de areia ou de carvão ativado, e também o tratamento químico, via cloração, das águas originárias de sistemas periféricos de captação (GONÇALVES, 2003; AZEVEDO, 2006; CASALI, 2008).

Estudos realizados por Barcellos et al., (2006) em 29 poços rasos e 18 nascentes distribuídos em duas comunidades rurais no município de Lavras (MG), corroboram com a informação que a ausência de critérios técnicos na construção de poços é um dos fatores que influenciam na contaminação.

Azevedo (2006) ao monitorar poços tubulares com profundidades superiores a 82 metros, na comunidade de Santo Antônio na Amazônia Central não detectou coliformes totais nem termotolerantes nos períodos de enchente, cheia máxima e seca do Rio Amazonas. O autor indicou que a laje de proteção sanitária e a cimentação reduzem a possibilidade de contaminação por coliformes. Além disso, o primeiro filtro está posicionado a 82 metros de profundidade minimizando ainda mais a contaminação por estes organismos.

De acordo com Azevedo (2004) o aproveitamento do lençol subterrâneo por meio de poço tubular não depende exclusivamente dos aquíferos, depende e muito da tecnologia construtiva utilizada, uma vez que as possibilidades de armazenamento e condução de água

nesses aquíferos são determinadas por propriedades físicas como a porosidade, permeabilidade, seleção e arranjo dos grãos, cimentação e composição mineral.

Tabela 1 - Características das soluções alternativas identificadas em 15 propriedades rurais na Região Central de Rondônia.

Propriedades	Captação	Tipo de construção	Retirada de água	Tipo de tampa
1	Poço	Manilha	Bombeamento	Concreto
2	Poço	Manilha	Bombeamento	Concreto
3	Poço	Sem revestimento	Bombeamento	Concreto
4	Nascente	Sem revestimento	Bombeamento	Fibrocimento*
5	Nascente	Manilha	Roda d'água	Concreto
6	Poço tubular	Encanamento	Bombeamento	-
7	Nascente	Alvenaria	Bombeamento	Telada
8	Poço	Manilha	Bombeamento	Madeira
9	Poço	Manilha	Bombeamento	Concreto
10	Poço	Manilha	Bombeamento	Concreto
11	Poço	Sem revestimento	Bombeamento	Concreto
12	Poço	Sem revestimento	Bombeamento	Concreto
13	Poço	Manilha	Bombeamento	Concreto
14	Nascente	Manilha	Bombeamento	Fibrocimento*
15	Poço	Alvenaria	Bombeamento	Concreto

(-) Devido ao tipo de captação, a forma de retirada da água se dá por meio de torneira.

(*) Tipo de telha

O georreferenciamento das propriedades combinado com a aplicação do questionário permitiu identificar o uso e ocupação da terra pelos produtores. Das 15 propriedades analisadas, 7 desenvolvem a atividade de pecuária extensiva (propriedades 1, 2, 3, 5, 7, 8 e 11) (FIGURAS 13 a 26).

Outro fator que pode alterar as características da água é a contaminação por defensivos agrícolas, prática comum adotada pelos produtores no controle de pragas e doenças nas lavouras, visto que das 15 propriedades 10 utilizam consórcio de diferentes espécies agrícolas. No entanto, apenas cinco dos produtores declararam usar defensivos

agrícolas nas lavouras e um entrevistado apesar de não mais utilizar, fez uso de defensivo por 10 anos.

O uso intensivo destes compostos nas culturas propicia o aparecimento destes nas águas subterrâneas. Entre estes elementos, o nitrogênio é aquele que apresenta maior impacto sobre a água subterrânea, ocorrendo principalmente na forma de nitrato. Este composto apresenta alta mobilidade na água subterrânea, podendo contaminar extensas áreas (ANA, 2007).

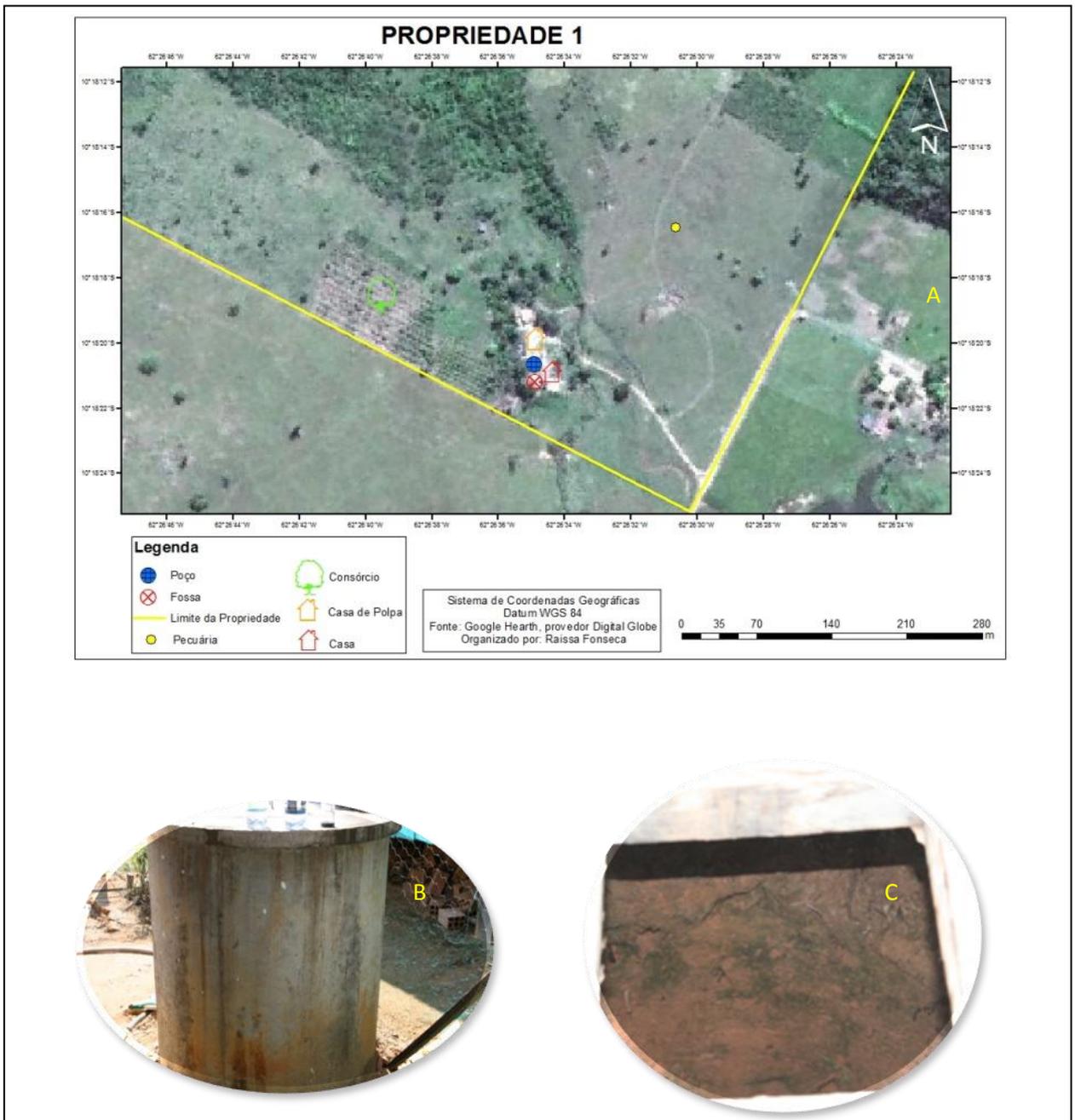


Figura 13 – Imagem da propriedade 1 (A), detalhe do poço (B) e da fossa não revestida (C) da mesma propriedade.

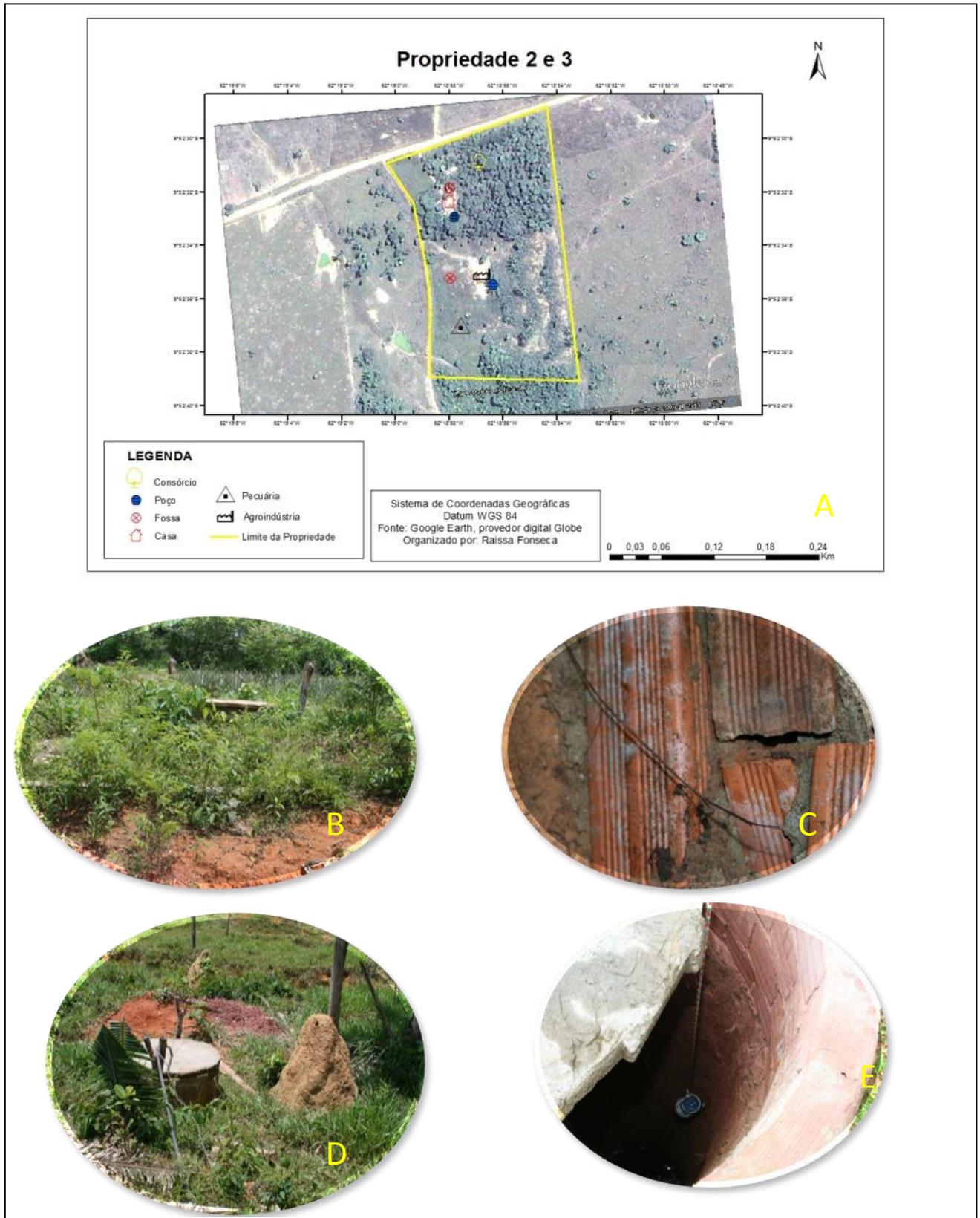


Figura 14 – Imagem das propriedades 2 e 3 (A), poço da indústria de polpa de fruta (B), revestimento do poço da indústria (C), poço da casa (D), revestimento do poço da casa (E).

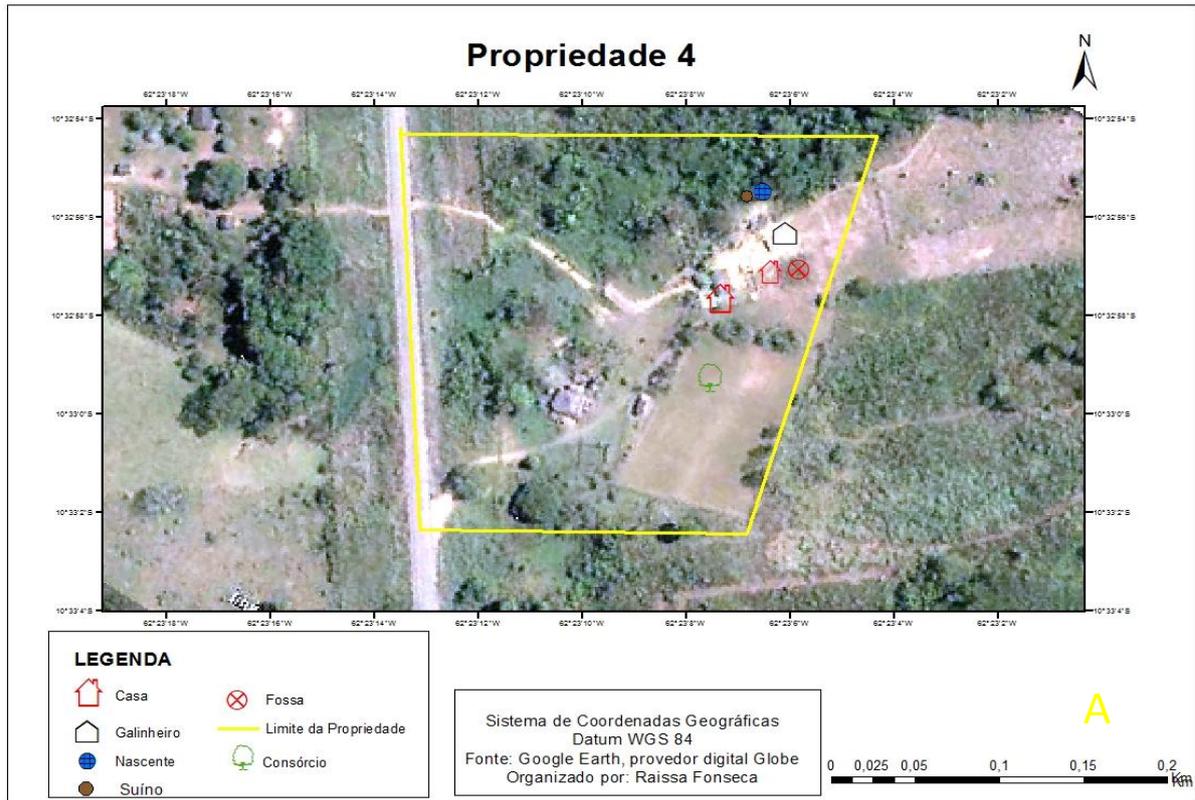


Figura 15 – Imagem da propriedade 4 (A), nascente (B), resíduo na proximidade da nascente (C).

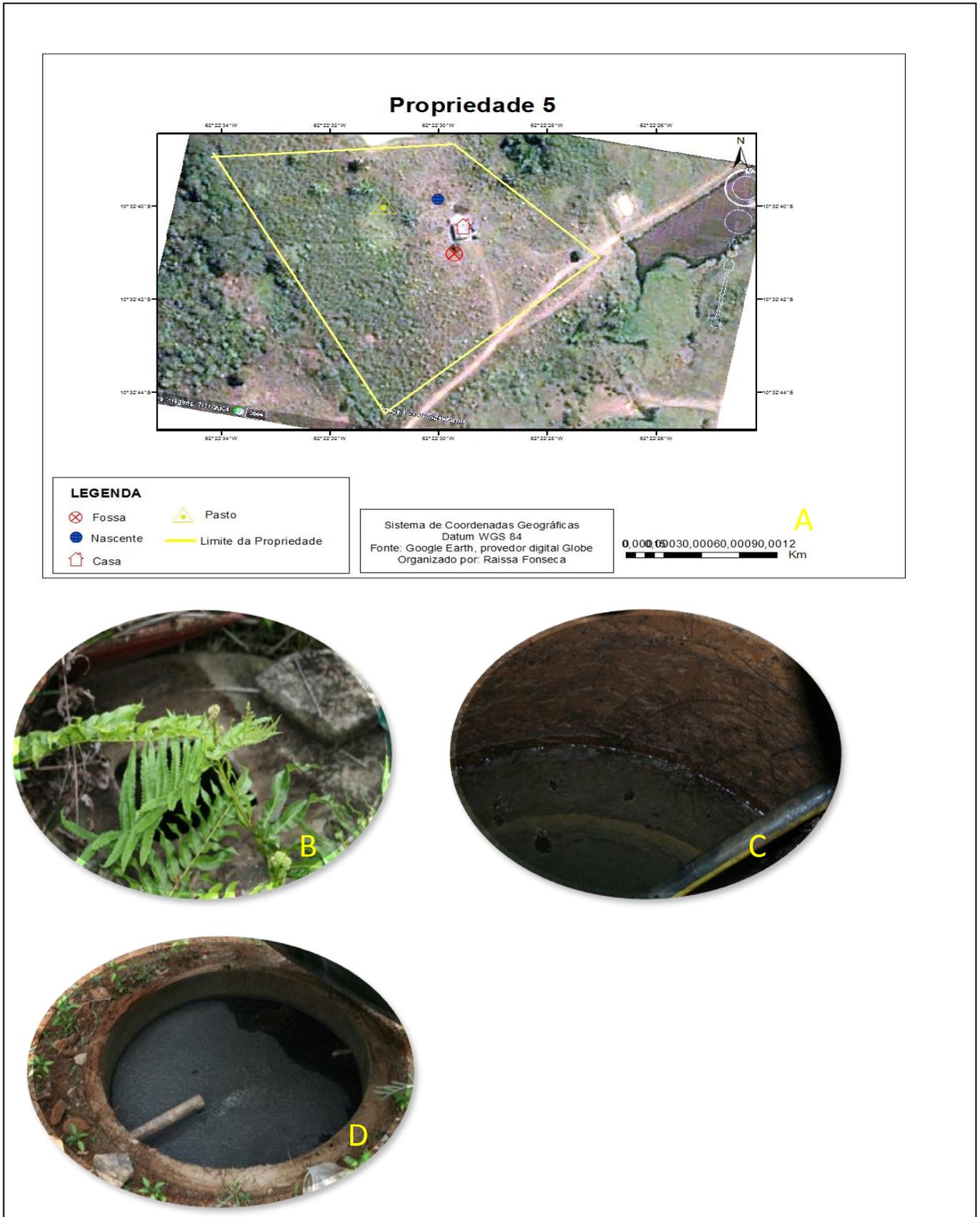


Figura 16 – Imagem da propriedade 5 (A), nascente (B), revestimento da nascente (C), fossa (D).

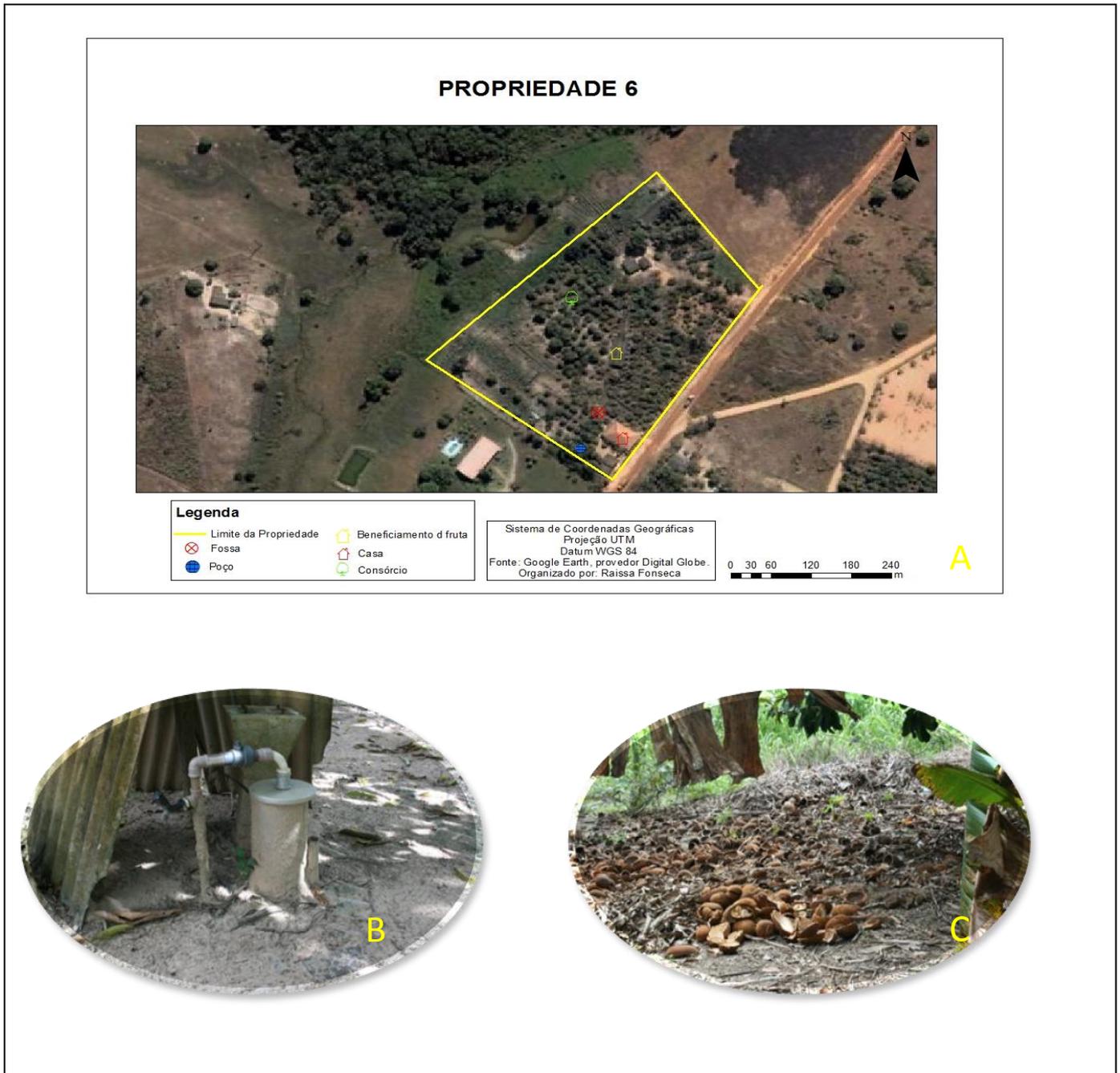


Figura 17 – Imagem da propriedade 6 (A), poço (B), lavoura (C).

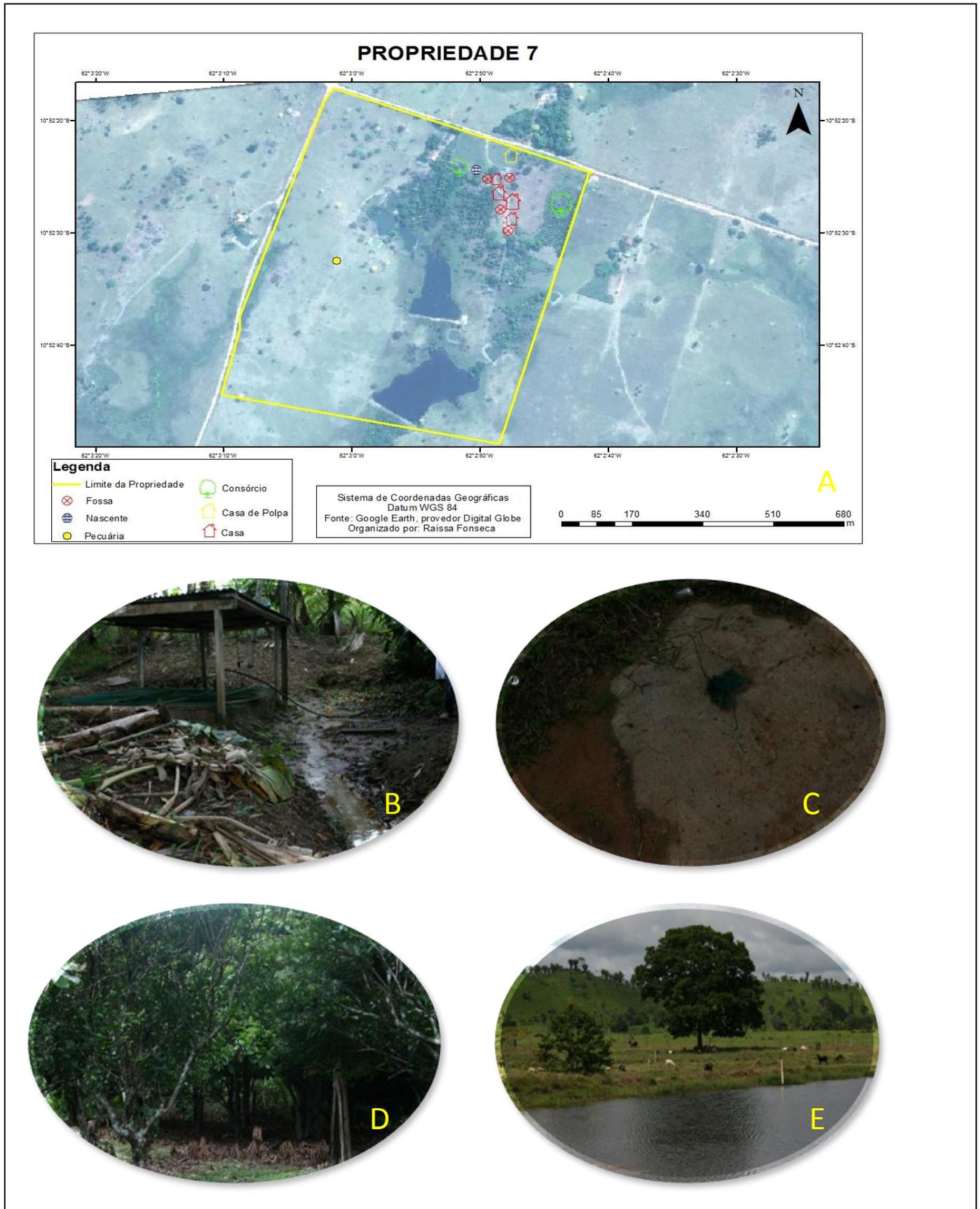


Figura 18 – Imagem da propriedade 7 (A), revestimento da nascente (B), fossa (C), lavoura (D), pecuária extensiva (E).

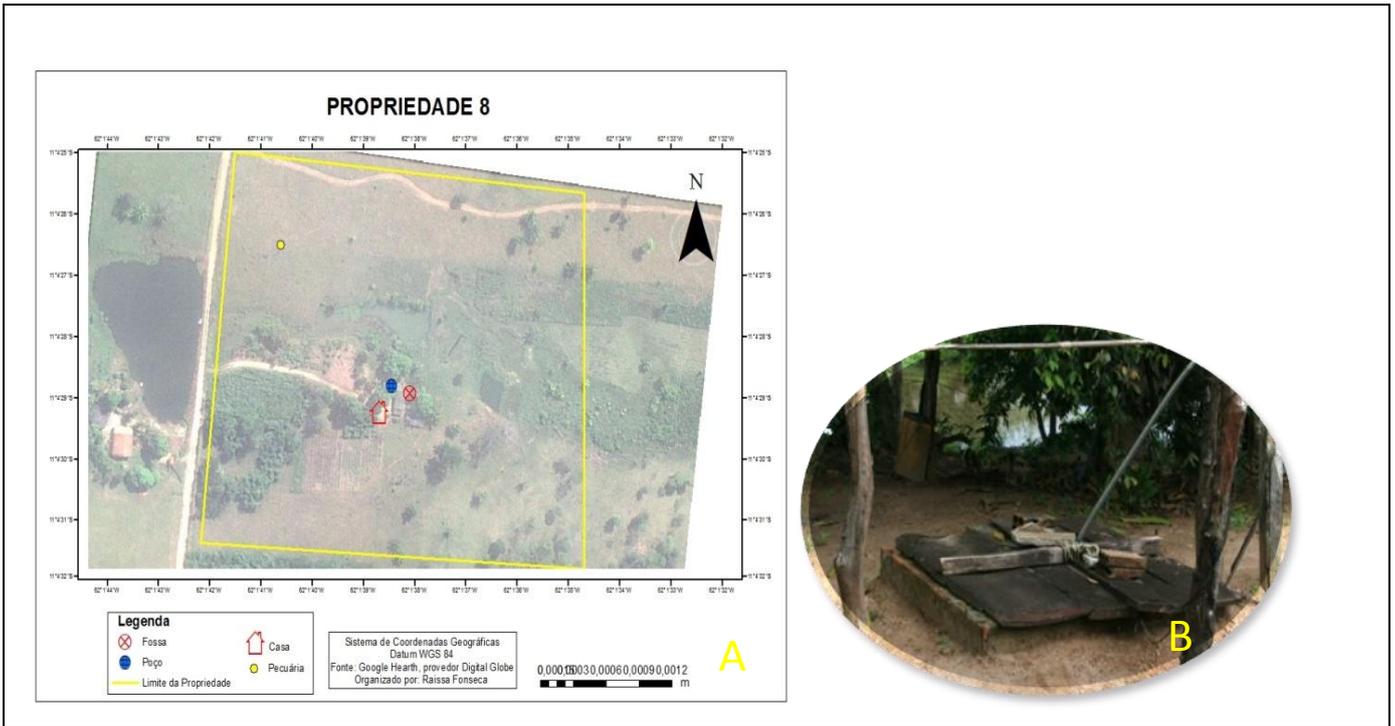


Figura 19– Imagem da propriedade 8 (A), poço (B).

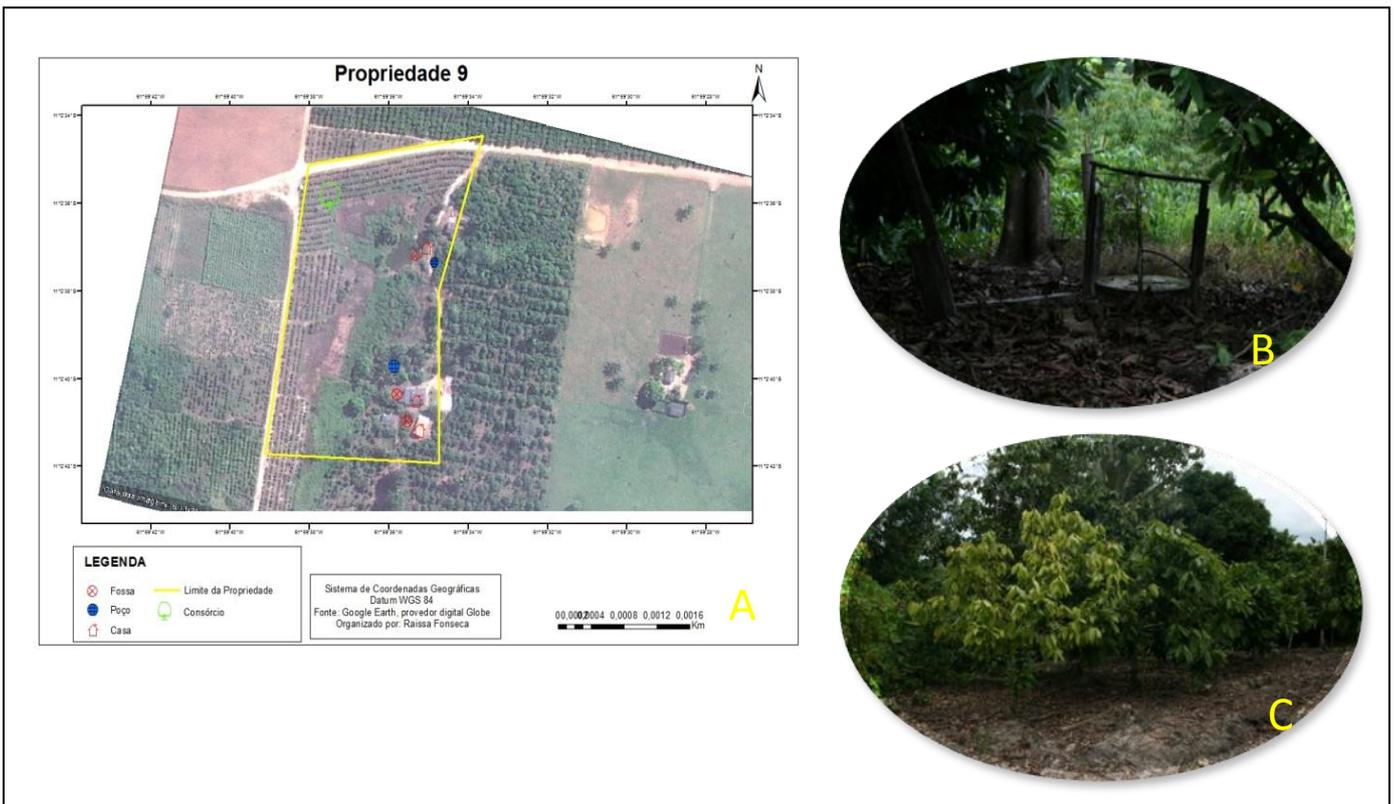


Figura 20 – Imagem da propriedade 9 (A), poço com lavoura (B), lavoura (C).

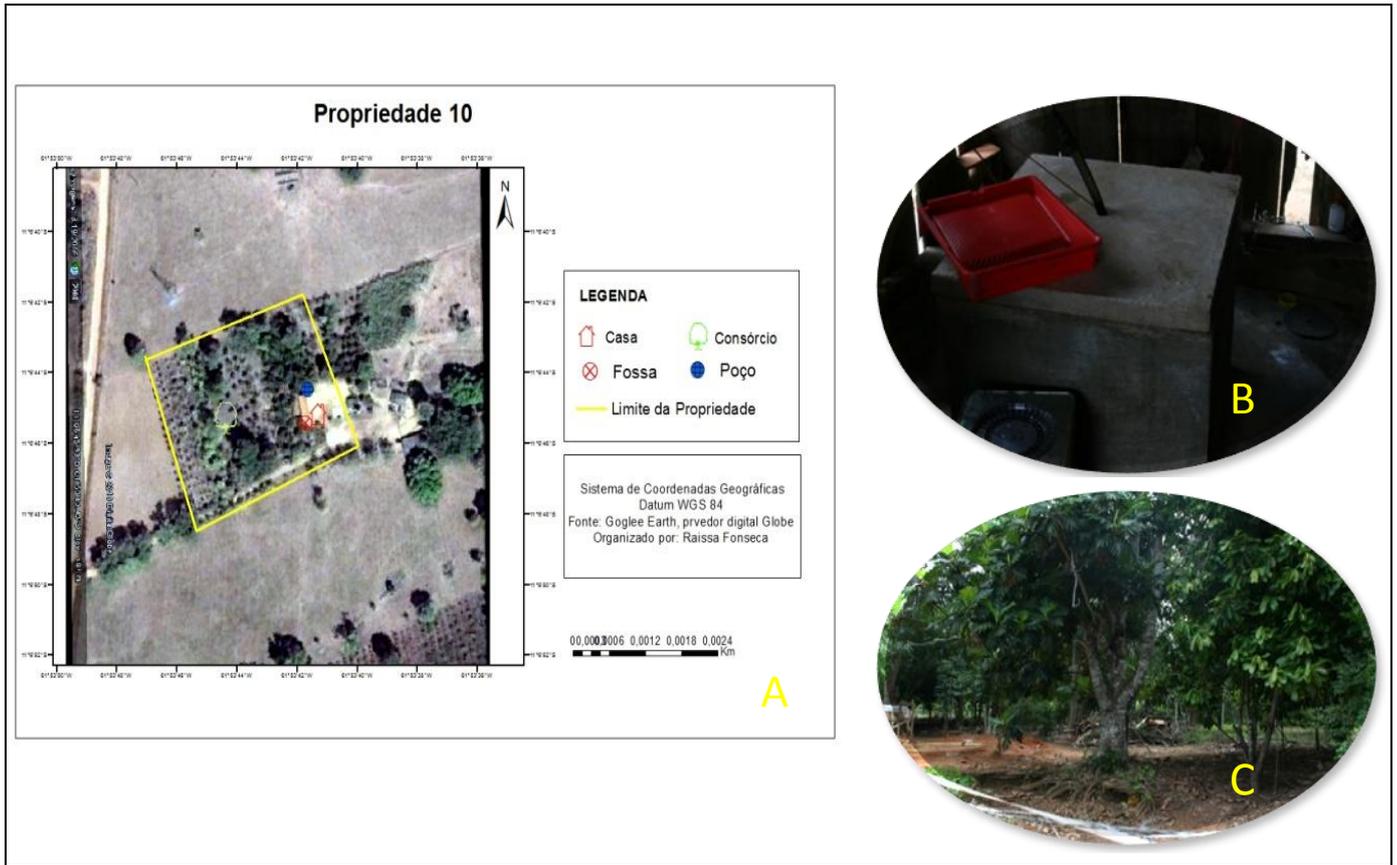


Figura 21 – Imagem da propriedade 10 (A), poço (B), lavoura (C).



Figura 22 – Imagem da propriedade 11 (A), poço entre a caixa d’água e o banheiro (B), fossa (C).

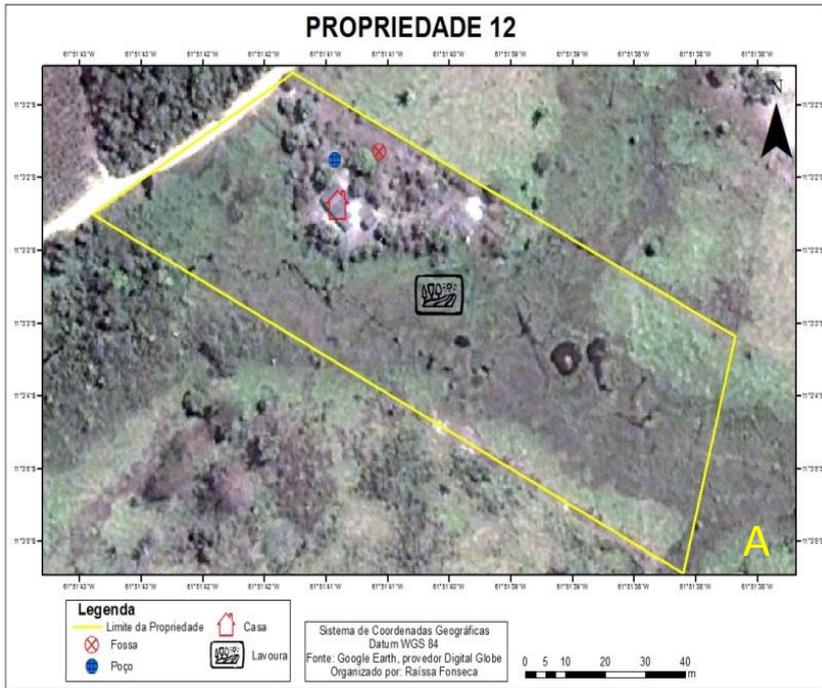


Figura 23 – Imagem da propriedade 12 (A), poço (B), lavoura (C).

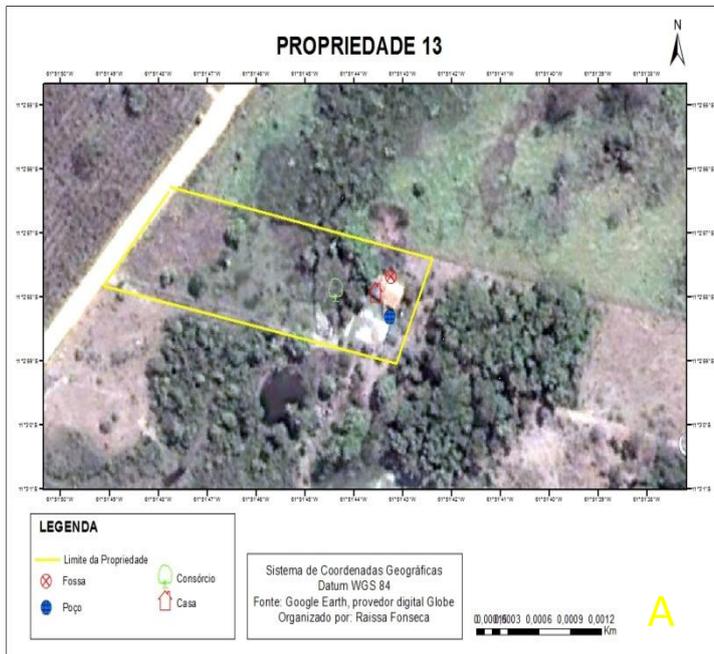


Figura 24 – Imagem da propriedade 13 (A), poço (B).

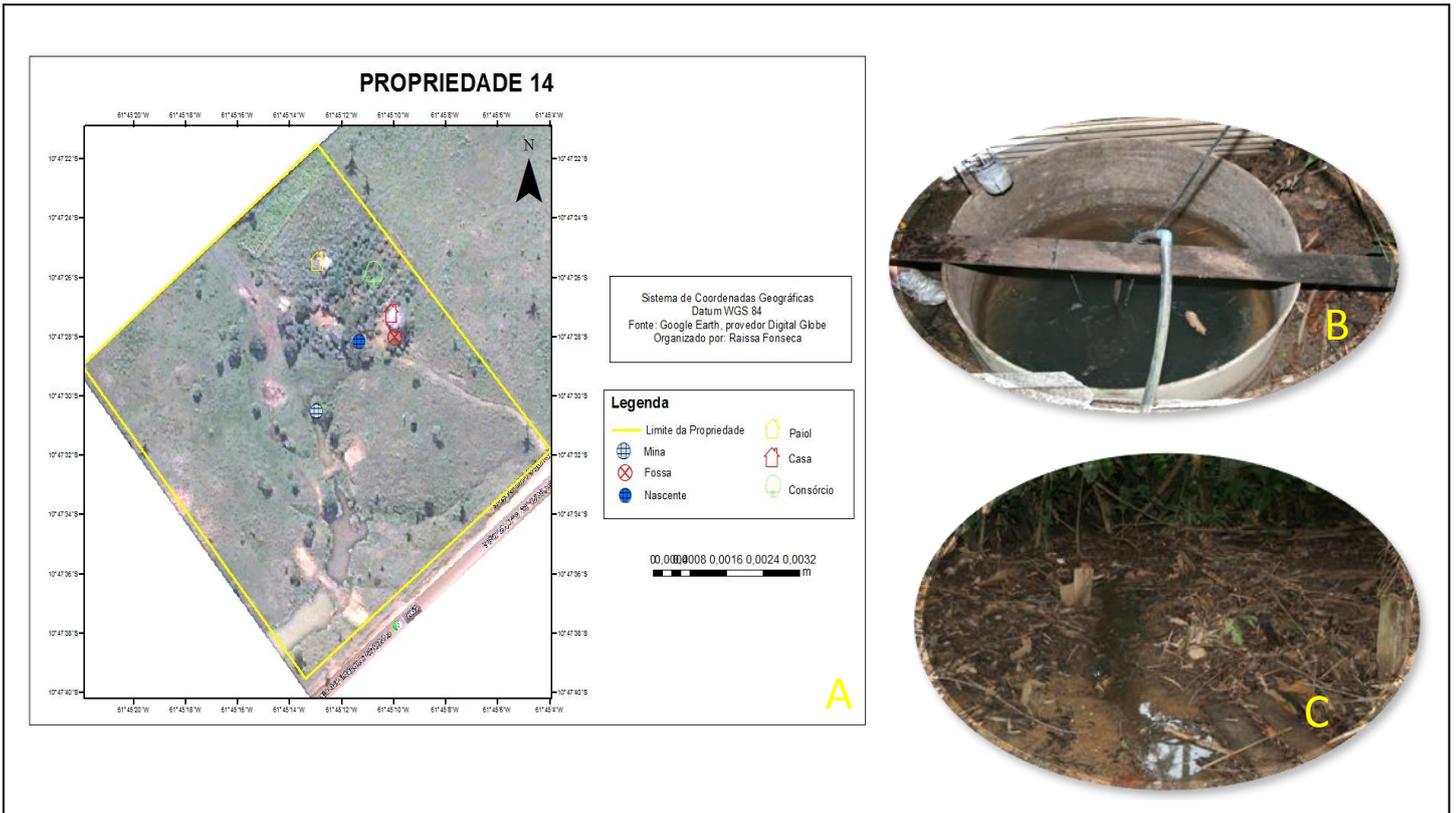


Figura 25 – Imagem da propriedade 14 (A), nascente (B), entorno da nascente (C).

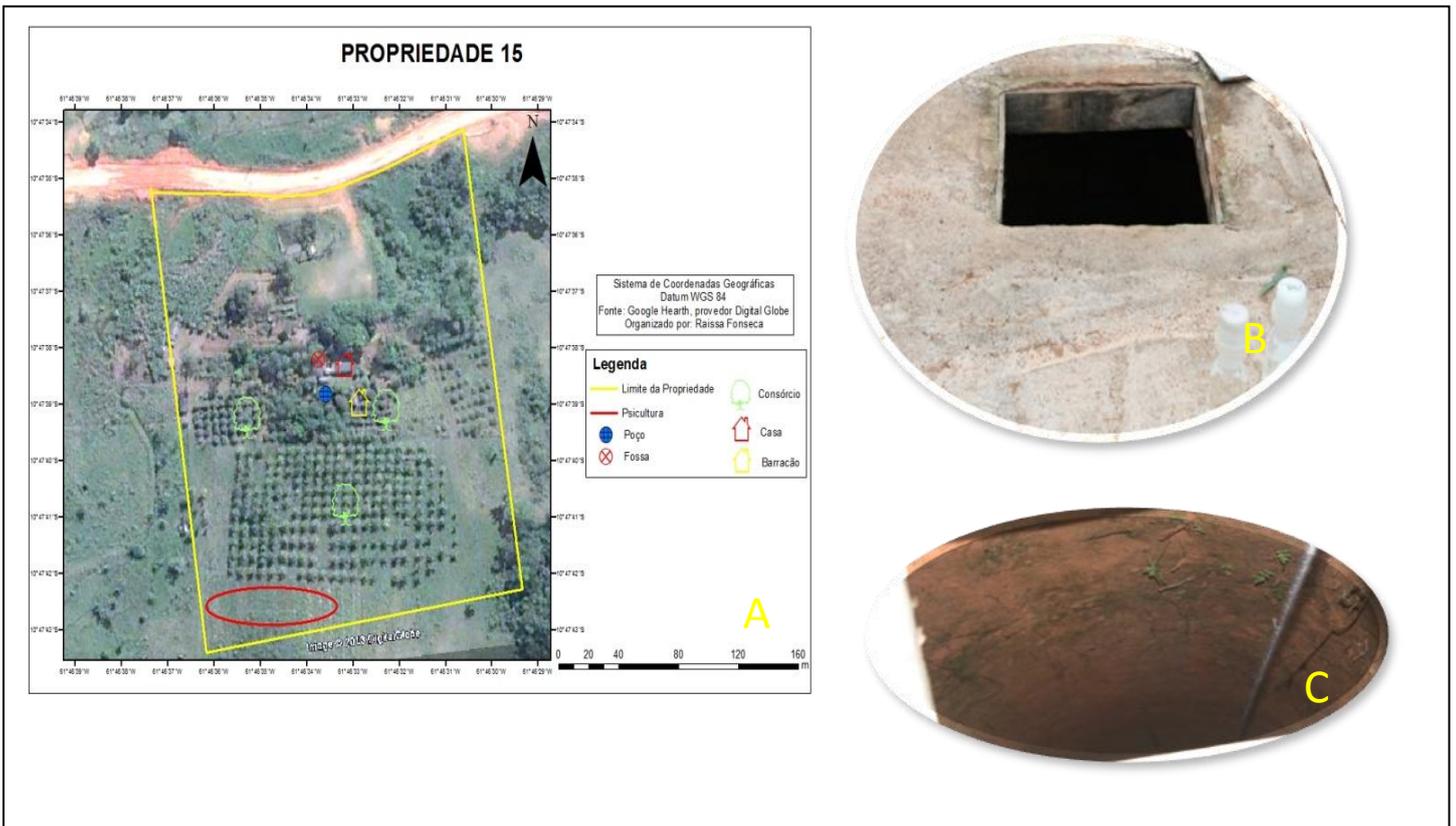


Figura 26 – Imagem da propriedade 15 (a), poço (B), revestimento do poço (C).

Outro aspecto que pode interferir na qualidade da água é a queima de resíduos sólidos, prática também comum no meio rural. Os resíduos resultantes da queima podem ser lixiviados para o corpo hídrico, além de interferirem diretamente no solo. A eliminação do resíduo sólido de 11 propriedades se dá por meio da prática da queima (FIGURA 27). Schacht et al., (1996) apud Muller (2001) em estudos de mais de dez anos, concluíram que a queima anual da pastagem resultou na diminuição da taxa de infiltração de água, e que a densidade do solo foi maior nos tratamentos com queima anual do que com queima a cada quatro anos.



Figura 27 - Uso de fogo para eliminação de resíduos sólidos.

Em 12 propriedades os produtores declararam que a água de abastecimento é destinada para a limpeza doméstica, higienização, ingestão e produção de polpa. O tratamento destinado as fontes de captação é realizado por meio do uso de cloro, aplicado diretamente nas fontes de captação em 86,7% das propriedades. Em uma propriedade (14) a água é filtrada sem adição de cloro e em outra (10) não há tratamento da água. Percebeu-se por meio das entrevistas que os produtores não fazem a relação entre o volume de água e a quantidade de cloro que deve ser adicionada, nem tão pouco há regularidade no tratamento na maioria das propriedades avaliadas, com exceção das propriedades 2, 3, 4, 5, 6 e 15 (TABELA 2).

4.1.2 Esgotamento

Com relação aos efluentes domésticos, cinco propriedades analisadas (1, 2, 3, 4 e 5) declararam possuir fossa negra e as demais utilizam fossas sépticas. Entretanto, ao questionar os produtores rurais sobre o revestimento da fossa notou-se que mais três propriedades (8,12 e 14) enquadram-se como fossa negra, totalizando oito propriedades com fossa negra. A profundidade das fossas variou de 2,5 a 3 metros (TABELA 2). Percebeu-se que os produtores desconhecem as características de fossa séptica conforme prevê a norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), NBR 7229/1993.

Nas propriedades analisadas, as fossas estão em média 66 metros distantes dos poços. A NBR 7229/1993 indica que as fossas sépticas devem manter as distâncias horizontais mínimas de 1,5m de construções, limites de terreno, sumidouros, valas de infiltração e ramal predial de água, 3,0m de árvores e de qualquer ponto de rede pública de abastecimento de água e 15,0m de poços freáticos e de corpos de água de qualquer natureza. Apenas as fossas das propriedades 8 e 12 se encontram com distância inferior a 15 metros dos poços (TABELA 2).

As fossas sépticas desempenham papel fundamental nos locais desprovidos de rede pública de coleta de esgotos no combate a doenças, verminoses e endemias (como a cólera), evitam o lançamento dos dejetos humanos diretamente em rios, lagos ou mesmo na superfície do solo, e ainda o seu uso é essencial para a melhoria das condições de higiene principalmente das populações rurais (CAESB, 2013; SBRT, 2006). No entanto, esses sistemas em locais desprovidos de interceptores e tratamento de esgotos pode até acentuar os problemas de saúde humana, caso a solução permaneça, invariavelmente de infiltração dos efluentes no subsolo por diferentes tipos de fossas (MMA, 2006).

De acordo com Von Sperling (2006), existem basicamente duas formas em que as fontes de poluição podem atingir os sistemas hídricos superficiais e subterrâneos, as pontuais e as difusas. Nas fontes pontuais os poluentes atingem o corpo hídrico de forma concentrada no espaço como a emissão de esgoto, enquanto que nas fontes difusas, os poluentes adentram os sistemas hídricos distribuídos ao longo de sua extensão, caso típico da poluição veiculada pela drenagem pluvial, a qual é descarregada no corpo d'água de uma forma distribuída, e não concentrada em um único ponto.

Desta forma, os produtos orgânicos e inorgânicos lançados em sistemas rudimentares, chegam em muitos casos, ao lençol freático, introduzindo substâncias tóxicas e aumentando as concentrações de alguns íons na água subterrânea, além de microrganismos nocivos. A população capta a água subterrânea através de sistemas empíricos, poços tipo cacimba ou amazonas, para os múltiplos usos domésticos. Assim, se estabelece uma circulação perigosa da água no meio subterrâneo, com a tendência de agravamento em suas condições sanitárias, com reflexos extremamente negativos à saúde humana (SILVA, 2008).

Tabela 2 - Esgotamento sanitário e periodicidade de tratamento das fontes de captações em 15 propriedades rurais na região central de Rondônia.

Propriedades	Distância Poço/ fossa	Tipo de fossa	Revestimento da fossa	Periodicidade do tratamento
1	18	Fossa negra	Sem revestimento	Na lavagem das frutas
2	50	Fossa negra	Sem revestimento	Todo dia
3	100	Fossa negra	Sem revestimento	Todo dia
4	150	Fossa negra	Sem revestimento	Toda semana
5	350	Fossa negra	Sem revestimento	Todo mês
6	48	Fossa Séptica	Revestido	A cada 2 dias
7	100	Fossa Séptica	Revestido	Quando não é perceptível
8	13,8	Fossa negra	Sem revestimento	Raramente
9	40	Fossa séptica	Revestido	Raramente
10	25	Fossa Séptica	Revestido	Não realiza
11	17	Fossa séptica	Revestido	Às vezes
12	12	Fossa negra	Sem revestimento	Às vezes
13	35	Fossa séptica	Revestido	-
14	15	Fossa negra	Sem revestimento	-
15	25	Fossa Séptica	Revestido	A cada 3 meses

(-) Devido ao tipo de captação não há contato com o interior do poço.

4.2 QUALIDADE DA ÁGUA

4.2.1 Variáveis Microbiológicas

Apesar da distância entre a fossa e o poço ser superior a preconizada na NBR 7229/93, nas visitas *in loco* notou-se que na propriedade 4 havia um chiqueiro próximo a nascente da qual a água é captada, bem como a presença de restos alimentares. Além disso, em 7 propriedades (1, 2, 3, 5, 7, 8 e 11) visitadas notou-se a atividade pecuária extensiva (Figura 28 – a, b) como também pôde-se constatar que a maioria das fontes de água, localiza-se abaixo da fossa com relação ao nível do terreno (Figura 29 – a, b).



Figura 28 - Atividade pecuária.



Figura 29 – Declividade do terreno em direção a fonte de captação.

A deposição diária de resíduo orgânico animal no solo, prática muito disseminada no meio rural, aumenta o risco da contaminação das águas subterrâneas. O dejetos bovino depositado no solo representa risco de contaminação das fontes de água, uma vez que esses animais são reservatórios de diversos microrganismos como *Criptosporidium parvum* e *Giardia*, causadores de enfermidades humanas (CONBOY e GOSS, 2000).

A Resolução CONAMA nº 396/08 determina que a água para consumo humano esteja ausente de *Escherichia coli* (indicador de contaminação fecal) e coliforme termotolerante (coliforme total) em 100mL de amostra de água.

No período chuvoso 66,7% (10 propriedades), encontrava-se em desacordo com a Resolução CONAMA nº 396/08 para *E. coli*, visto que a média de Unidades Formadoras de Colônia (UFC) para *E. coli* neste período foi de 286,7UFC/100mL, com densidade máxima de 2.100UFC/100mL (propriedade 4, mina) e mínima de 100UFC/100mL (propriedades 1, 2, 10 e 15). No período seco apenas 20% (três propriedades) apresentaram resultados em desacordo com a mesma resolução. Para este período a média de *E.coli* foi de 142,9UFC/100mL e densidade máxima e mínima respectivamente de 1000 (propriedade 13, poço) e 200UFC/100mL (TABELA 3).

Com relação aos resultados de coliformes totais, os valores obtidos em desacordo com a norma no período chuvoso correspondeu a 80%, ou seja, 12 propriedades, resultando

em uma média de 3.513,3UFC/100mL com densidade máxima de 23.600UFC/100mL (propriedade 5, mina) e mínima de 300UFC/100mL. Já no período seco estes números corresponderam a 53,3% (oito propriedades) com média de 685,7 com densidade máxima de 2.500UFC/mL (propriedade 15) e mínima de 200UFC/100mL (TABELA 3).

Tabela 3 – Resultados microbiológicos e lâmina d’água das propriedades.

Propriedades	<i>E. coli</i> (UFC/100mL)		Coliforme Total (UFC/100mL)		Lâmina	
	chuvoso	seco	chuvoso	seco	chuvoso	seco
1	100	ausente	300	ausente	0,76	1,26
2	100	ausente	300	ausente	2	2,48
3	200	ausente	2600	ausente	2,87	0,55
4	2.100	200	7.400	1.200	1	0,91
5	600	ausente	23.600	ausente	1,86	1,5
6	200	ausente	600	ausente	-	-
7	Ausente	-	ausente	-	1,8	0,3
8	200	ausente	3.200	1.300	2,9	1,5
9	Ausente	ausente	1.500	ausente	1,6	0,8
10	100	ausente	4.000	500	3,8	2,3
11	Ausente	ausente	ausente	300	4,5	1,6
12	Ausente	ausente	ausente	200	3	1,04
13	600	1.000	3.100	2.100	1,6	0,63
14	Ausente	800	3.600	1.500	1,5	1,14
15	100	ausente	2500	2500	3,6	1,43
Média	286,7	142,9	3.513,3	685,7		
CONAMA n° 396/08	ausente em 100ml	ausente em 100ml	ausente em 100ml	ausente em 100ml		

Estudos semelhantes realizados em poços na área urbana de Ji-Paraná, Rondônia (SILVA, 2008; MARTINS, 2011; HELBEL, 2011) apontaram contaminação por *E. coli* e coliformes totais.

Martins (2011), ao realizar análise microbiológica em 20 poços distribuídos no bairro Boa Esperança, observou que 75% dos poços apresentaram contaminação por *E. coli* no período chuvoso, com média de 323,5UFC/100mL. Já no período seco estes valores corresponderam a 85% dos poços analisados, obtendo-se a média de 705UFC/100mL. Com relação aos coliformes totais 100% estavam contaminadas nos dois períodos estudados. As respectivas médias para os períodos chuvoso e seco foram 2.050 e 3.047,5UFC/100mL.

Estes valores mostraram-se superiores aos encontrados nas propriedades rurais, o que certamente está relacionado ao fato de que no bairro Boa Esperança a distância entre poço e fossa foi menor que 15m em torno de 30% das propriedades. Os poços estudados por Martins (2011) são rasos e perfurados manualmente, contudo a autora não descreve o revestimento dos poços, o que pode influenciar na contaminação.

Helbel (2011), ao estudar nove poços distribuídos na cidade de Ji-Paraná, detectou contaminação em 100% das amostras tanto para *E. coli* quanto para Totais nos períodos chuvoso e seco. A média de *E. coli* e coliformes totais para os períodos chuvoso e seco foram 51 e 83UFC/100mL para *E. coli* e 111 e 170UFC/100mL para os coliformes totais. A autora atribui as contaminações em decorrência à disposição inadequada de esgotos domésticos (fossas).

No presente trabalho, as maiores densidades de *E. coli* e coliformes totais foram encontradas no período chuvoso (TABELA 3). Dentre as amostras analisadas, a propriedade 4 apresentou maior densidade com 2.100UFC/100mL. Possivelmente, este resultado decorra das condições sanitárias inadequadas na nascente, a qual não apresenta laje de proteção, isolamento da área evitando a proximidade de animais, visto que esta apresenta um criador de suínos próximo à fonte de abastecimento, como também a forma de vedação insuficiente, utilizando-se telha tipo fibrocimento para cobrir a mesma, fato este se confirma, uma vez que a maioria das amostras nos períodos secos mostrou-se ausente de contaminação por *E. coli* no período seco, no entanto para esta propriedade, apesar da redução para 200UFC/100mL, ainda manteve-se contaminada (FIGURA 15).

Para os coliformes totais, a propriedade 5 apresentou a maior densidade no período chuvoso com 23.600UFC/100mL. Esta fonte de água apresenta-se encoberta com matagal, não havendo laje de proteção e delimitação da fonte hídrica (FIGURA 16).

A propriedade 7 apresentou as menores densidades tanto para *E. coli* quanto para os coliformes totais no período seco. Esta nascente foi revestida com cerâmica, coberta com tela, com a borda acima do nível do terreno e protegida por cobertura (FIGURA 18).

Camargo e Paulosso (2009), ao realizarem uma avaliação microbiológica em 24 poços distribuídos no bairro Bom Jesus na cidade de Carlinha (MT) durante os períodos seco e chuvoso, também encontraram maior contaminação de *E. coli* no período chuvoso (91% dos poços analisados) do que no período seco (79%). Tais autores atribuíram a maior contaminação no período chuvoso ao fato de que os poços do Bairro Bom Jesus são superficiais, do tipo raso, perfurados manualmente, localizados no aquífero livre, situado acima da camada rochosa relativamente impermeável que protege o lençol de infiltrações. O

escoamento das águas superficiais e as distâncias inferiores a 30m em relação às fossas sépticas facilita a contaminação.

A maioria dos poços (10) encontrados nas propriedades estudadas possui características similares aos poços estudados por Camargo e Paulosso (2009), e apesar da distância entre poços e fossas serem superiores a 30m, observou-se que há declividade do terreno em direção as fontes de captação, de forma que, assim como no trabalho de Camargo e Paulosso (2009) o escoamento das águas superficiais próximo às fossas, e consequente encharcamento do solo (principalmente em camadas mais profundas) podem ter contribuído para a contaminação dos poços.

Estudo realizado por Silva (2008) no bairro Nova Brasília em poços escavados e tubulares também apresentaram contaminação microbiológica. Zuffo e Goveia (2011) também encontraram altos índices de coliformes fecais e totais em águas subterrâneas amostradas na bacia hidrográfica do alto e médio rio Machado.

No Brasil, o crescimento da utilização de águas subterrâneas foi acompanhado da proliferação de poços construídos sem critérios técnicos adequados (ANA, 2007), de forma a serem construídos sem laje de proteção e tubo de boca, sem perímetro de proteção e sob influência de rios poluídos, locados inadequadamente ou mal protegidos (CETESB, 2004). A perfuração de poços, nestes casos, e com locações inadequadas, coloca em risco a qualidade das águas subterrâneas, à medida que cria uma conexão entre águas mais rasas, mais suscetíveis à contaminação, com águas mais profundas e menos vulneráveis (ANA, 2007). Além disso, possivelmente, a contaminação do recurso hídrico por *E. coli* deve-se a proximidade da fonte de captação com o local de criação de animais, a forma de construção dos poços, a periodicidade do tratamento da água como também a declividade dos terrenos em direção aos poços, que podem causar contaminação ao lençol freático. Deve-se considerar também o tipo de solo da propriedade o transporte de microorganismos na água subterrânea depende da permeabilidade e da porosidade do solo (SILVA, 2008).

Estudo semelhante realizado por Barcellos et al., (2006) em 29 poços rasos e 18 nascentes distribuídos em duas comunidades rurais em Lavras, MG, os produtores rurais visitados indicaram como parâmetros de qualidade da água as características físicas: cor, odor, sabor e material em suspensão. A captação dos poços rasos em 62% é feita por bomba elétrica; das nascentes, por gravidade, usando rego escavado (18%) sem proteção desde seu afloramento até a sua captação. Foi observado presença de dejetos animais e resíduos. As propriedades na maioria desenvolvem atividade pecuária. Os produtores tratavam a água captada por meio de filtro a vela de porcelana e recipiente de barra (67%), 7% ferviam a água

e 20% utilizavam cloro, contudo não indicam periodicidade nem tão pouco a quantidade de cloro por água.

Em todas as formas de captação de água nas propriedades rurais investigadas por Barcellos et al., (2006) estavam contaminadas por coliformes fecais ($p=0,01$) com valores variando de 4.552 – 23,33 NMP/100mL nos poços rasos e de 3.956-2.243 NMP/100mL nas nascentes. Os autores citados indicaram as intensas atividades antrópicas como causa da contaminação. 93% dos produtores desenvolvem atividade pecuária, desses 87% possuem algum tipo de cultura, usando adubo químico e defensivo agrícola.

Em vários levantamentos de qualidade de água consumida por diversas populações, foram encontrados riscos elevados por contaminação fecal e/ou agentes tóxicos em áreas rurais ou poços rasos urbanos (AMARAL et al., 1994; IBGE, 2000; BEVILACQUA et al., 2002; SILVA e ARAÚJO, 2002; GIATTI et al., 2004; AMARAL et al., 2008;).

Tais informações corroboram com Queiroz et al., (2002) que demonstraram que populações que dependem de fontes alternativas, como poços ou que vivem em áreas rurais, estão expostas a maiores contaminações. Contudo, há o mito que as águas subterrâneas nesses locais sejam potáveis.

Estudos realizados no Brasil no período de 1998-2003 relatam que as condições sanitárias podem afetar a saúde da população e trazer, como reflexos, maiores gastos hospitalares com diferentes perfis regionais (MOZA et al., 1998; SOARES et al., 2002; HELLER et al., 2003 e AMARAL et al., 2003). As diarreias representaram 90% das causas dessas internações. Contudo, há pouca informação sobre saneamento e incidência de doenças de veiculação hídrica nas comunidades rurais. Segundo Szwarcwald et al., (2002) quanto menor o nível de agregação geográfica, maior o erro nas mensurações indiretas fornecidas pelos municípios, o que dificulta o conhecimento da realidade sanitária existentes nas áreas rurais e que afetam a saúde dessas populações.

4.3 VARIÁVEIS FÍSICAS E QUÍMICAS

4.3.1 Turbidez

A turbidez representa o grau de interferência com a passagem da luz através da água, conferindo uma aparência turva à mesma. Ocorre em função do teor de material particulado suspenso existente. Água com elevado teor de turbidez é indicativo de um alto conteúdo orgânico e inorgânico suspenso, que pode servir de abrigo para microorganismos e diminuir a eficiência do tratamento químico ou físico da água (VON SPERLING, 2005).

Para a garantia da qualidade microbiológica da água, em complementação às exigências relativas aos indicadores microbiológicos, deve ser atendido o padrão de turbidez para água subterrânea com desinfecção, o limite máximo para qualquer amostra pontual de 5,0NTU de acordo com a Portaria do MS nº 2.914/11.

Os valores de turbidez são apresentados na Figura 34. Nas nascentes estudadas a média foi de 1,92 no período chuvoso e de 2,71UNT na seca, enquanto os poços tiveram valores médios 2,68UNT na época chuvosa e de 2,73UNT na seca. Independente das fontes de captação os valores de turbidez de maneira geral, encontraram-se em conformidade com a Portaria do MS, exceto a propriedade 3, em que nos dois períodos estudados, encontrou-se em desacordo com a Portaria do MS, como também as propriedades 13 e 14 que encontram-se em desconformidade no período chuvoso.

A cor da água interfere negativamente na medida de turbidez, devido a sua propriedade de absorver a luz, em alguns casos, águas ricas em íons Fe, podem apresentar uma elevação de sua turbidez quando entram em contato com o oxigênio do ar (FEITOSA e MANOEL FILHO, 1997). As águas subterrâneas normalmente não apresentam problemas devido ao excesso de turbidez.

Casali (2008) afirma que se torna importante a quantificação da medida de turbidez assim como a identificação de sua origem. Como também é recomendável que a turbidez seja a mais baixa possível. Vários autores propõem que o limite seja abaixo de 1,0NTU para que o tratamento da água tenha maior efeito (CASALI, 2008). Por ser um método de fácil determinação e de medição em tempo real, a turbidez pode ser utilizada como indicador potencial para doenças de veiculação hídrica (PÁDUA e FERREIRA, 2006).

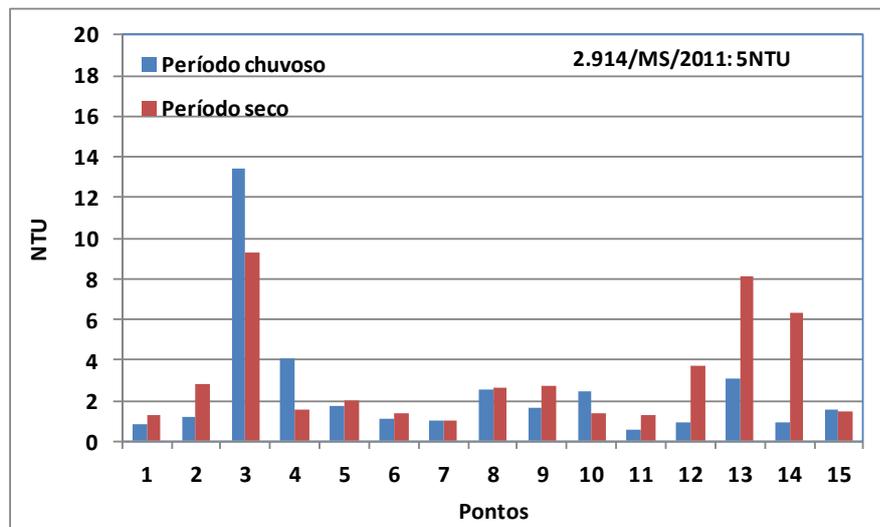


Figura 34 - Valores de turbidez das propriedades analisadas.

Martins (2011) também encontrou baixos valores de turbidez nos poços estudados no bairro Nova Esperança (Ji-Paraná) na estação seca, com média de 1,76UNT, mínimo de 0,31 e máximo de 4,02. A autora verificou valores acima do recomendado pela normativa em apenas três poços, dos 20 estudados.

Helbel (2011) na época chuvosa obteve média de 1,66UNT ($\pm 2,18$) e, no período de seca de 1,10UNT ($\pm 0,56$), estando todos os estudos em acordo com a normativa, exceto um ponto. Justifica que provavelmente o ponto em desacordo é decorrente das más condições de proteção do poço, como a impermeabilização à sua volta e ainda a forma de fechamento, somado ao período chuvoso que, por meio de enxurradas carrega sedimentos e materiais orgânicos para o interior dos poços.

Barcellos et al., (2006), observaram que 70% das propriedades visitadas tiveram alteração no padrão turbidez. Os poços rasos tiveram os valores de turbidez variando de 2,72 a 0,8UNT e nas nascentes variou de 3,42 a 2,22UNT.

Casali (2008), obteve em cinco pontos de coleta amostras de água superior aos estabelecidos pela portaria do MS em relação à turbidez.

O autor descreveu que estes pontos estão compreendidos em sistemas periféricos de captação de água, poço superficial e vertente, e justifica que pode ter ocorrido a entrada direta de partículas em suspensão com o escoamento superficial de água ou através das paredes internas da vertente ou do poço pela inexistência ou precariedade das estruturas de revestimento ou ainda pela falta de limpeza e manutenção.

O autor salienta ainda que as águas subterrâneas, devido às camadas de solo e rocha servirem de filtro, os problemas de turbidez e de cor aparente ocorrerão quando a concentração de ferro dissolvido da água for elevada.

4.3.2 Sólidos dissolvidos totais

Os sólidos dissolvidos em uma água representam basicamente o teor de minerais nela existentes, sendo os mesmos responsáveis pelas suas características: sabor, cor, alcalinidade e dureza (ROCHA, 2008). A água destinada ao consumo humano, os sólidos dissolvidos totais devem apresentar Valor Máximo Permitido (VMP) de 1000mg/L conforme Portaria do MS nº 2.914/11.

O valor médio, mínimo e máximo de sólidos dissolvidos no período chuvoso, foram de 28,8mg/L, 24 e 38mg/L para as nascentes. Já no período seco a média foi de 31,8 com mínimo de 19 e máximo de 51mg/L. Para os poços no período chuvoso a média foi de 37,7mg/L, com mínimo 7 e máximo 143mg/L. No período seco a média foi de 41,8mg/L, mínimo 5 e máximo 93mg/L (FIGURA 32). Não houve diferença estatística nas duas épocas

estudadas ($p=0,23$). Verificou-se que todos os pontos de captação de água utilizados pelas 15 propriedades rurais encontram-se em conformidade com a Portaria supracitada.

De acordo com Carvalho e Oliveira (2003) a água com alto teor de sólidos dissolvidos totais não são apropriados para diferentes usos. Valores menores que 500mg/L de sólidos dissolvidos, em geral são satisfatórios para usos domésticos e industriais. Entretanto valores maiores que 1000mg/L, indicam que a água contém minerais que lhe conferem um sabor desagradável e a torna inadequada para diversas finalidades.

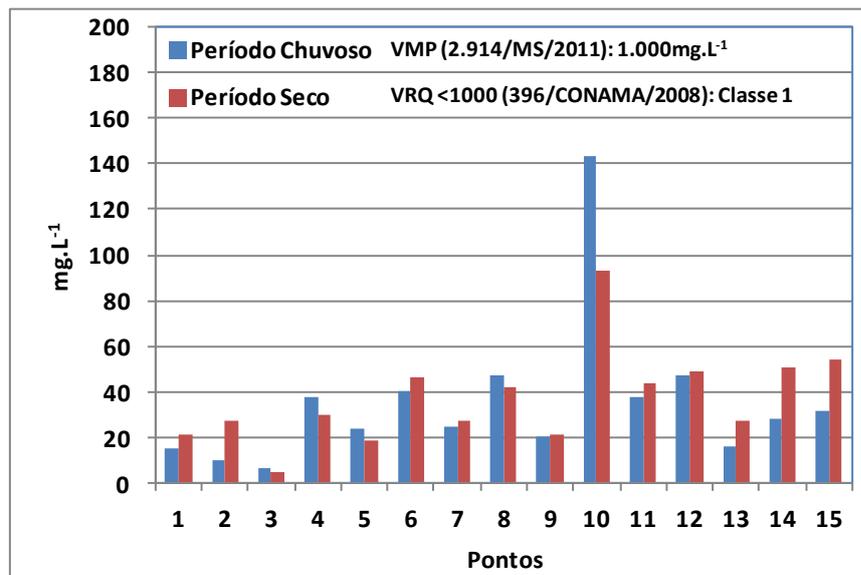


Figura 32 – Valor dos sólidos dissolvidos totais nas estações seca e chuvosa nas 15 propriedades estudadas.

Estudos realizados por Martins (2011), Helbel (2011) e Silva (2008) não descreveram sobre a concentração de sólidos dissolvidos totais nos poços e minas distribuídos em Ji-Paraná, Rondônia. Pesquisa realizada por Rodrigues (2008) em cinco zonas da capital de Rondônia também não descreveu sobre a concentração de sólidos dissolvidos totais.

Barcellos et al., (2006) avaliaram 29 poços rasos e 18 nascentes distribuídas em duas comunidades rurais em Lavras, Minas Gerais. Observaram que 3% das propriedades visitadas tiveram alteração no padrão sólido total. Nos poços rasos descreveram uma variação dos sólidos totais de 356 a 23,33mg/L, enquanto as nascentes o parâmetro variou de 483 a 35mg/L. Os autores atribuíram a intensa atividade pecuária, uso de adubo, defensivos agrícolas e ainda a construção das fontes de água sem critérios técnicos como motivos para alterações dos padrões em relação a legislação vigente.

O estudo desenvolvido por Casali (2008) na Região Central do Estado do Rio Grande do Sul, em 22 poços tubulares e 12 sistemas periférico de captação como, fontes superficiais,

vertentes, fontes drenadas ou até mesmo açudes, que englobam escolas e comunidades rurais não contempladas por programa de monitoramento de qualidade da água, obteve concentração média de sólidos dissolvidos totais (SDT) das águas destinadas ao consumo humano dos pontos monitorados entre 19 e 505mg/L.

A concentração foi maior nas águas oriundas de poços tubulares, comparativamente às águas coletadas superficialmente. Casali (2008) justificou essa diferença devido ao maior teor de sais que as águas subterrâneas apresentam na sua constituição, em virtude de estar em contato direto com a rocha matriz, que é mais rica em nutrientes do que os solos dela derivados, que se encontram na superfície. Da mesma forma, os poços tubulares que exploram águas de rochas basálticas possuíam menor teor de SDT em relação às águas de poços tubulares abertos em rochas sedimentares, com elevada concentração de sais.

Águas com um teor elevado de SDT têm implicações negativas, como gosto prejudicado e maiores chances de queima de resistências elétricas e entupimento de tubulações.

4.3.3 Condutividade Elétrica

A condutividade elétrica (CE) da água cresce proporcionalmente à medida que a concentração de sais aumenta (HOLANDA e AMORIM, 1997; FERREIRA, 1997). A CE fornece uma boa indicação das modificações na composição da água, especialmente na sua concentração mineral, mas não fornece nenhuma indicação das quantidades relativas dos vários componentes. Este parâmetro não representa um problema para a saúde humana, contudo, a partir do seu valor pode ser calculada a concentração de Sólidos Dissolvidos Totais (SDT), que é um problema potencial, pois água com excesso de SDT se torna impalatável devido à alteração no gosto, acarreta problemas de corrosão de tubulações e o seu consumo pode causar o acúmulo de sais na corrente sanguínea e possibilitar a formação de cálculos renais. Devido a isso, o Ministério da Saúde estipula o valor de 1000mg.L^{-1} como o limite em água destinada ao consumo humano.

A condutividade elétrica indica a presença de material orgânico recente introduzido no corpo de água (OLIVEIRA et al., 2000) normalmente vinculado a proximidade dos pontos de captação de água aos possíveis pontos de contaminação como as fossas, não observado na pesquisa (as fossas estavam distante das fontes de água em média 66m).

No período chuvoso, a condutividade elétrica teve valor médio para todas as formas de captação de água de $69,93\mu\text{S.cm}^{-1}$, mínimo de $12\mu\text{S.cm}^{-1}$ (propriedade 3) e máximo de $287\mu\text{S.cm}^{-1}$ na propriedade 10. No período seco o valor médio foi de $72,87\mu\text{S.cm}^{-1}$ com mínimo de $11\mu\text{S.cm}^{-1}$ e máximo de $189\mu\text{S.cm}^{-1}$, respectivamente, nas mesmas propriedades

do período chuvoso (FIGURA 31). Os valores de condutividade elétrica não apresentaram diferença estatística ($p=0,270$) entre os dois períodos estudados.

Na propriedade 10, o local de captação de água constitui-se por um poço manilhado e com tampa de concreto. Neste ponto de captação foram encontrados os maiores valores de condutividade elétrica, tanto no período seco como no chuvoso. Certamente este resultado esteja relacionado com o maior teor de sólidos totais dissolvidos encontrado nesta propriedade.

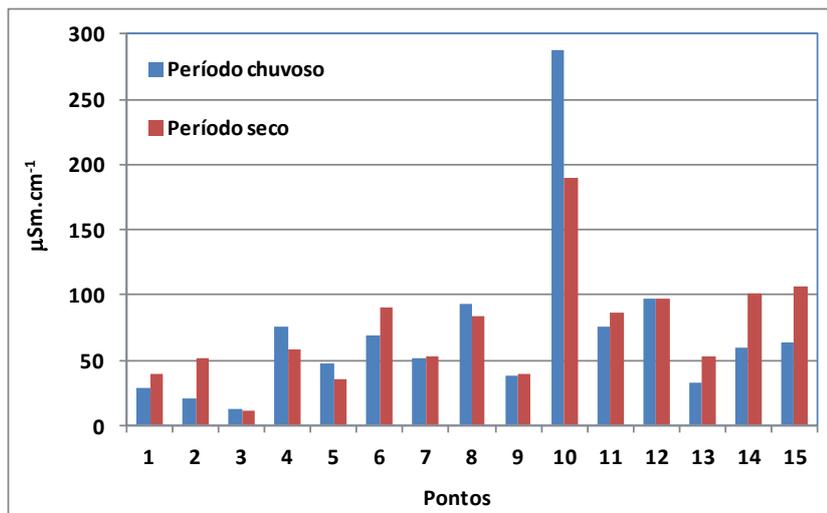


Figura 31 - Condutividade nos períodos chuvoso e seco.

Os valores de condutividade elétrica nos poços das propriedades rurais foram menores quando comparados a estudos realizados na área urbana do município de Ji-Paraná por Helbel (2011). A autora obteve no período chuvoso a média de $158,15\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ($\pm 33,69$) e no período seco $146,28\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ($\pm 27,23$).

Martins (2011) em trabalho desenvolvido em poços do bairro Nova Esperança, obteve valores médios de condutividade de $77,25\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ no período chuvoso, e $60,67\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ no período seco.

Entretanto, como colocado por Silva (2008), considera-se que no período de descarga quando há um rebaixamento do aquífero, ou seja, no período seco, ocorre uma maior concentração dos íons em solução o que provoca o aumento de condutividade das águas analisadas.

Com relação aos pontos 4, 5, 7 e 14, os quais correspondem os pontos de captação de água oriundo das nascentes, o valor médio de condutividade elétrica no período seco foi $61,8\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ e no período chuvoso foi $58,3\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (FIGURA 31).

Oliveira et al., (2000) reforçam que a condutividade elétrica é um indicador da presença de material orgânico recente introduzido no corpo de água. A condutividade elétrica em águas doces varia de 10 a 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Quando a condutividade for igual ou maior que 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, as águas estão salobras e/ou podem estar poluídas.

Hirata et al., (2007), afirmam que há uma relação direta entre a quantidade de sais dissolvidos (salinidade) e a condutividade elétrica da água. Normalmente as águas muito salinas indicam que a água percolou por materiais muito reativos ou que o tempo de trânsito da água na rocha foi longo.

Mendes et al., (2008) analisaram a condutividade elétrica em poços tubulares e amazonas em comunidades rurais no município do Congo na Paraíba e notaram que nos poços amazonas no período chuvoso a condutividade média foi de 1,53 dSm^{-1} e na seca média de 1,85 dSm^{-1} , enquanto nos poços tubulares a média foi de 0,93 dSm^{-1} no período chuvoso e de 1,27 dSm^{-1} na seca. Os autores justificaram os menores valores no período chuvoso, devido a diluição pelas águas das chuvas, enquanto na seca houve aumento gradual da condutividade, ocasionado pelo efeito da concentração de sais decorrentes da diminuição das precipitações pluviométricas e do aumento da evaporação de água na região. Estudos similares realizados no Rio Grande do Norte, Paraíba e Ceará também encontraram salinidade maior em águas de poços quando comparado aos açudes.

4.3.4 pH

Os valores médios de pH nas águas das 15 propriedades nos períodos chuvoso foram 6,6 com mínimo 6,0 e máximo 6,9, no período seco o valor médio obtido foi de 5,7 com mínimo e máximo 5,3 e 6,4, respectivamente (FIGURA 30) com diferença significativa ($p=0,0$) nas duas estações. Em regiões de clima tropical, onde a degradação biológica é mais acentuada que nos climas temperados, a evolução da degradação da matéria orgânica na fase anaeróbica, favorece a produção de ácidos orgânicos e conseqüentemente pH's mais ácidos (FARIAS, 2003; MARQUES et al., 2006).

A Portaria do MS nº 2.914/2011 recomenda intervalo dos valores de pH entre 6 a 9,5 para águas destinadas ao consumo humano. Observou-se também que no período chuvoso as amostras oriundas dos poços e nascentes (FIGURA 30) encontravam-se na faixa indicada. Entretanto, no período seco praticamente todos os pontos, com exceção de duas propriedades (4 e 6) apresentaram valores abaixo do valor mínimo recomendado.

Água com pH baixo compromete o gosto, a palatabilidade e aumenta a corrosão, enquanto que águas com pH elevado comprometem a palatabilidade, aumenta a formação de crustações e diminuem a eficiência da desinfecção por cloração (VON SPERLING, 2005).

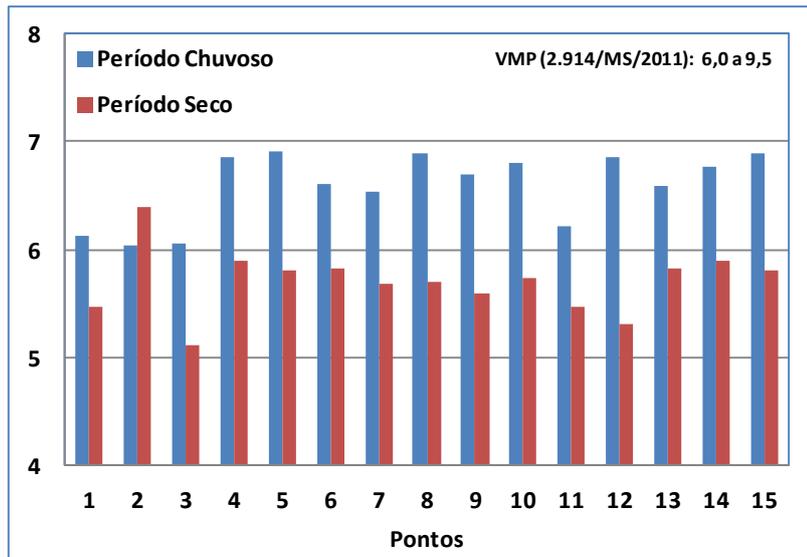


Figura 30 - Níveis de pH nos períodos seco e chuvoso.

Estudos realizados com poços em Rondônia corroboram com os resultados desta pesquisa. Martins (2011) observou valores médios de pH no bairro Nova Esperança, Ji-Paraná, de 4,9 no período chuvoso e 4,7 no período seco, o que caracterizou a água dos poços analisados como ácida.

Rodrigues (2008) ao analisar a qualidade da água de poços distribuídos nas cinco zonas da cidade de Porto Velho, Rondônia, também detectou característica ácida em suas análises, com variância de 3,58 a 5,77.

Segundo Silva (2008), os valores de pH das águas subterrâneas possivelmente estão relacionadas à composição mineralógica das rochas do aquífero, a cobertura vegetal, a recarga rápida e do processo de interação água-rocha/solo.

Exemplo da interferência dos fatores citados acima foram evidenciados no trabalho de Mendes et al., (2008) em que foram analisados a qualidade da água em poços tubulares e amazonas em comunidades rurais no município do Congo na Paraíba. O valor médio encontrado no período chuvoso foi de 7,97 com mínimo de 7,57 e máximo 8,34 e no seco de 8,37 com máximo de 8,54 e mínimo de 8,19. Os autores justificaram os elevados valores de pH nessas comunidades possivelmente devido a composição química dos solos, ricos em íons carbonatos e bicarbonatos, ou então, devido ao balanço hídrico negativo onde a evaporação supera a precipitação, concentrando sais durante a época de estiagem, o que influencia no pH (ESTEVEZ, 1998).

Silva (2008) relata ainda que é comum o pH apresentar variações a cada medida realizada, sobretudo por conta do caráter dinâmico das águas subterrâneas, notadamente dos

aquíferos livres de pouca profundidade, localizados em regiões de alta precipitação pluviométrica, como é o caso de Ji-Paraná.

Os valores de pH são fortemente influenciados pela recarga, pois apresentam valores superiores no período das chuvas locais, quando está ocorrendo a elevação do nível d'água do aquífero. Esta elevação do nível da água provoca uma diluição dos contaminantes (principalmente NO_3^- e Cl^-) localizados na zona não-saturada, provenientes das fossas, que em maiores concentrações no aquífero, reduzem o pH das amostras. Inversamente, na estiagem, o nível da água ao se rebaixar é desconectado da frente de contaminação e as concentrações de NO_3^- e Cl^- são reduzidas nas águas do aquífero e o pH se eleva (SILVA, 2008).

Hedin et al., (2003) relacionam a produção de ácidos orgânicos e redução de pH (< 5,0) nos sistemas amazônicos, com a solubilização do alumínio e conseqüentemente a elevação das concentrações deste elemento nas águas subterrâneas.

A faixa de variação do pH em águas subterrâneas, segundo Zimbres (2013), geralmente varia entre 5,5 a 8,5. Entretanto, os trabalhos citados realizados em Rondônia, apontam que no Estado estes valores estão bem abaixo. Campos e Drews (1999), estudando as águas subterrâneas no Distrito de Extrema, Município de Porto Velho (RO), encontraram valores de pH variando de 3,5 à 6,8 com média de 4,7 sendo que 40% das amostras encontravam-se com $\text{pH} \leq 5,0$.

Estudo biogeoquímico conduzido na zona urbana de Porto Velho por Bahia (1997), revelou águas subterrâneas ácidas, com pH variando de 4,0 a 5,7. Campos e Drews (1999) avaliando águas subterrâneas do Município de Buritis (RO) encontraram pH médio de 4,86 com 56% das amostras abaixo de 5,0.

4.3.5 Oxigênio Dissolvido

A Portaria do MS nº 2.914/11 e a Resolução CONAMA nº 396/08 não definem um padrão para o oxigênio dissolvido, desta forma utilizou-se como referência para comparação dos resultados obtidos a Resolução CONAMA Nº 357/05.

Para este efeito considerou a finalidade de uso e a forma de tratamento dos poços, semelhantes às águas da Classe 1 da Resolução, destinadas ao abastecimento para consumo, realizado após tratamento simplificado. Para esta classe as concentrações de oxigênio dissolvido para consumo humano não devem ser inferiores a 6mg/L, no entanto ressalta-se que este parâmetro destina-se à águas superficiais. No presente estudo, todos os pontos, para ambos os períodos estudados apresentaram concentrações de oxigênio dissolvido inferiores a 6mg/L, como apresentado na Figura 33.

No período chuvoso o valor médio obtido nos poços foi de 1,26mg/L, o mínimo foi de 0,29mg/L e o máximo de 2,91mg/L, e no período seco foi de 1,29mg/L com máximo e mínimo respectivamente 0,59 e 2,38mg/L. Já para as nascentes (pontos 4, 5, 7 e 14), a média no período chuvoso foi 0,79mg/L e no período seco de 0,9mg/L (FIGURA 33). Não houve diferença estatística ($p=0,92$) nas duas estações avaliadas.

A redução nos valores de oxigênio está relacionada ao aporte de material orgânico (RODRIGUES, 2008).

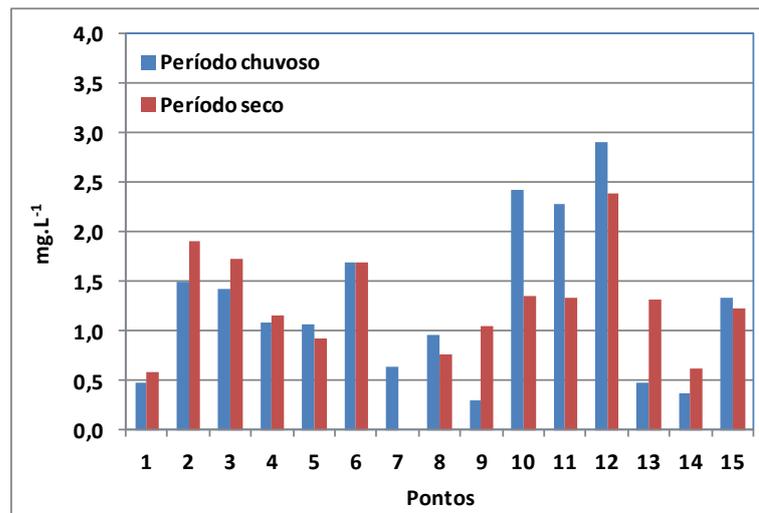


Figura 33 - Variação do oxigênio dissolvido nos pontos analisados.

Os poços escavados no bairro Nova Esperança também apresentaram concentrações baixas de oxigênio dissolvido, variando entre 0,81mg/L a 3,88mg/L, com a média de 1,47mg/L para os períodos chuvoso e seco (MARTINS, 2011).

Helbel (2011) também encontrou valores de oxigênio dissolvido menores que 6mg/L, na estação chuvosa (média de $3,39 \pm 0,75$ mg/L) e na estiagem a concentração média foi de $3,28 \pm 0,86$ mg/L.

Águas com baixos teores de oxigênio dissolvido podem ser indicativas de que estejam recebendo matéria orgânica. A decomposição da matéria orgânica por bactérias aeróbias é, geralmente, acompanhada pelo consumo e redução do oxigênio dissolvido da água.

Barcellos et al., (2006) avaliaram 29 poços rasos e 18 nascentes distribuídas em duas comunidades rurais em Lavras, (MG). Observaram que 87% das propriedades visitadas tiveram alteração no padrão oxigênio dissolvido. Os poços rasos tiveram os valores de oxigênio dissolvido variando de 5,20 a 5,87mg/L e nas nascentes variaram de 5,67 a

6,33mg/L. O autor justifica que a alteração do oxigênio dissolvido deve-se possivelmente a ação antrópica nas propriedades estudadas.

4.3.6 Nitrato e Nitrito

Assim como a amônia, o fósforo inorgânico dissolvido e o fósforo total, o nitrito apresentou concentrações menores que $0,005\text{mg/L}^{-1}$ (TABELA 4). Ressalta-se que o valor máximo permitido para o nitrito é de 1mg/L^{-1} conforme a Portaria do MS nº 2.914 e a Resolução CONAMA nº 396/08. Logo os resultados de nitrito obtidos em todas as fontes de captação de água das propriedades estudadas estão em consonância com a legislação.

As concentrações de nitrito também foram baixas nos estudos de Martins (2011), Helbel (2011) e Silva (2008) realizados na cidade de Ji-Paraná (RO). Nos dois períodos analisados por Martins (2011), obteve-se concentrações inferiores a $0,1\text{mg.L}^{-1}$ e as concentrações médias encontradas por Helbel (2011) foram $0,04\pm 0,04\text{mg.L}^{-1}$ no período chuvoso e em época de estiagem $0,02\text{mg.L}^{-1}$ ($\pm 0,03$). Silva (2008) encontrou concentrações menores que $0,5\text{mg/L}^{-1}$ aproximadamente.

Barcellos et al., (2006), Casali (2008) e Mendes et al., (2008) não avaliaram os parâmetros: nitrito, nitrato, amônia e fósforo nas fontes alternativas avaliadas em diferentes comunidades rurais no Brasil.

O nitrogênio na forma de nitrito, por ser muito instável, tende a se oxidar rapidamente à forma de nitrato no solo e devido a este fato, raramente excede $1,0\text{mg/L}^{-1}$ em águas subterrâneas (MELO et al., 2000).

Nas regiões atingidas por contaminações originárias de matéria orgânica, o ambiente redutor é mantido pela degradação da matéria orgânica, prevalecendo o nitrito ou amônio nas proximidades da fonte e à medida que se afasta, devido ao contato com águas mais ricas em oxigênio, prevalece o nitrogênio oxidado na forma de nitrato (SCHEIDLEDER, 2002).

De acordo com a Usepa (1997) a presença de nitrito em aquíferos subterrâneos indica contaminação recente ou próxima por esgotos. Em adultos existe a possibilidade do nitrito (NO_2^-) se combinar com aminas, formando nitrosaminas, compostos reconhecidos como carcinogênicos mutagênicos e teratogênicos.

Já para o nitrato (FIGURA 35) as médias encontradas para o período chuvoso e seco, nas nascentes foram respectivamente, $0,23\text{mg.L}^{-1}$ (máximo de 0,28 e mínimo de $0,12\text{mg.L}^{-1}$) e $0,1\text{mg.L}^{-1}$ (máximo de 0,19 e mínimo de $0,01\text{mg.L}^{-1}$). Para os poços no período chuvoso a média encontrada foi de $0,56\text{mg.L}^{-1}$, máximo 1,49 e mínimo 0,01 e no período seco a média foi de $0,43\text{mg.L}^{-1}$ com máximo de 1,45 e mínimo de 0,02. Valores bem inferior ao preconizado na Portaria do MS nº 2.914 e CONAMA nº 396/08 que prevê 10mg/L^{-1} .

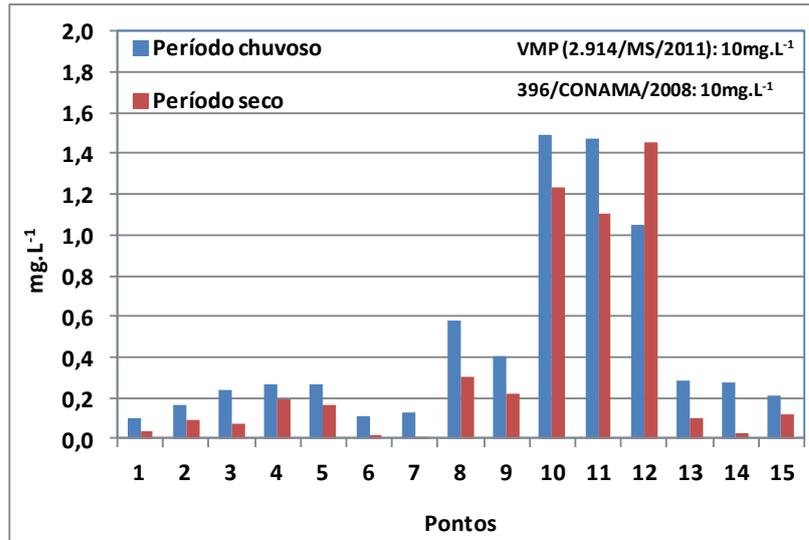


Figura 35 - Variância no período chuvoso e seco de nitrato.

Martins (2011) encontrou em um único ponto valor próximo ao VMP de acordo com a Portaria do MS nº 2.914 e CONAMA nº 396/08. Nas demais amostras foram detectadas a presença dos íons nitrato, mas dentro dos valores recomendados pela resolução citada. A média para este parâmetro nos estudos de Helbel (2011) foi de $3,58\text{mg.L}^{-1}$ no período seco e $9,91\pm 8,38\text{mg.L}^{-1}$ no período chuvoso.

Para as águas subterrâneas o teor de nitrato ocorre na faixa de 0,1 a 10mg/L, porém, em águas poluídas, os teores podem chegar a 1.000mg/L (FEITOSA e MANOEL FILHO, 1997). Pela sua grande mobilidade e lixiviação através do solo em solução nas águas de infiltração, o nitrato pode chegar a grandes profundidades da zona saturada, pois não é adsorvido pelos sedimentos, movendo-se à mesma velocidade do fluxo de água (FEAGA, 2004). No sentido de fluxo da água subterrânea, o nitrato (NO_3^-) pode migrar a grandes distâncias do ponto de contaminação, dependendo da permeabilidade do solo, intensidade de deposição dos esgotos e da intensidade e frequência das chuvas locais. Uma condição que pode afetar este processo é a redução do potencial redox das águas subterrâneas, que provocaria a biodenitrificação (CANTER, 1997; FEAGA, 2004).

Nas águas subterrâneas, os nitratos ocorrem em teores, geralmente, abaixo de 5mg/L. Nitritos e amônia são ausentes, devido à velocidade com que são convertidos a nitrato pelas bactérias. Segundo a OMS e conforme afirma Daniel (2008), uma água para consumo humano não deve exceder a concentração de nitrato de 10mg/L, devido ao risco que representa.

Desta forma a presença de nitrato indica contaminação mais antiga e/ou fonte contaminante mais distante sendo um forte indicativo de contaminação antrópica, pois águas

subterrâneas rasas inalteradas por atividades humanas, geralmente contém valores menores que 2mg/L (MUELLER e HELSEL, 1996).

O uso de águas ricas em nitrato pode causar principalmente câncer gástrico em pessoas com hipocloridria ou que tiveram redução cirúrgica do estômago, por terem diminuído a produção de suco gástrico e em alguns casos, mortes de fetos (SCRAGG et al., 1982; ALABURDA e NISHIHARA, 1998; HILL, 1999).

Em concentrações elevadas, o nitrato está associado à doença da metahemoglobinemia ou síndrome do bebê azul, que dificulta o transporte de oxigênio na corrente sanguínea de bebês podendo acarretar a asfixia. Em adultos, a atividade metabólica interna impede a conversão do nitrato em nitrito, o qual é o agente responsável por essa enfermidade. Outros estudos relaciona estatisticamente os cânceres gástricos e os cânceres de colo com o consumo excessivo de nitratos (BRASIL, 2008).

O trabalho realizado por Casali (2008) em comunidades rurais em Santa Maria notou que as concentrações de nitrato nas águas monitoradas variou de $<0,1$ a $15,8\text{mg.L}^{-1}$. A grande variação nas concentrações de nitrato em poços rasos foi justificada pelo autor pela entrada de poluentes oriundos do uso do solo nas proximidades das fontes de água.

O autor ressaltou também que na maior parte dos pontos monitorados, a concentração de nitrato variou em função do período de coleta, sendo maior o teor nos períodos chuvosos em relação ao período com menor precipitação. Já as águas subterrâneas, oriunda de poços tubulares, possuíram uma menor variabilidade entre as repetições, em função de que a característica destas águas depende, principalmente, da composição da rocha matriz, sendo menos sensível às variações de uso do solo e às precipitações ocorrentes. Contudo, a elevação dos teores de nitrato nas águas subterrâneas também pode indicar uma influência de fatores externos como: esgotos domésticos, resíduos, fertilizantes agrícolas ou despejos industriais (SHUVAL e GRUENER, 1972).

Neste aspecto Casali (2008) notou que poços tubulares abertos sobre rochas basálticas apresentaram baixos teores de nitrato e que um único poço tubular de 60m de profundidade apresentou concentração de nitrato de $13,6\text{mg.L}^{-1}$ similar ao poço raso com concentração de $15,8\text{mg.L}^{-1}$ (acima do estabelecido pela legislação). O autor justificou esta alta concentração neste ponto, por ter atingido o aquífero formado por rocha sedimentar com elevada porosidade e condutividade hidráulica, o que permitiria a movimentação de poluentes superficiais até grandes profundidades do terreno. A elevada concentração de nitrato na água não poderia ser oriunda do material de origem da rocha matriz, pois o nitrogênio é pouco encontrado na crosta terrestre.

4.3.7 Amônia, Fósforo Inorgânico Dissolvido e Fósforo Total

As concentrações de amônia, fósforo inorgânico dissolvido e fósforo total em todas as propriedades analisadas foram menores que 0,005mg/L (TABELA 4), que correspondeu ao padrão de menor concentração utilizado durante as análises espectrofotométricas.

A concentração de amônia é bastante baixa devido a fácil adsorção por partículas do solo ou à oxidação a nitrito e nitrato. Desta forma, nenhum dos pontos encontrou-se em desacordo com a portaria do MS nº 2.914/11 que preconiza VMP de 1,5mg/L para amônia.

O fósforo total, fósforo inorgânico dissolvido e a amônia formam o principal grupo de nutrientes com relação direta com o processo de eutrofização de um corpo d'água (CEBALLOS et al., 1998).

Em águas naturais não poluídas, as concentrações de fósforo situam-se na faixa de 0,01 a 0,05mg/L. A presença de fósforo na água está relacionada a processos naturais como a dissolução de rochas, carreamento do solo, decomposição de matéria orgânica e chuva ou antropogênicos como lançamento de esgotos, detergentes, fertilizantes e defensivos agrícolas.

As amostras encontram-se em consonância com a Resolução CONAMA nº 357/05 que indica para ambiente lântico valor máximo de 0,020mg/L de fósforo total. Os valores médios detectados para fósforo total por Martins (2011) foram 0,44µg.L⁻¹ no período chuvoso e 0,061µg.L⁻¹ no período seco, tais resultados foram relacionados à existência de fossas negras próximas aos poços em todas as residências.

Tabela 4 – Valores de amônia, fósforo inorgânico, fósforo total e nitrito, nas 15 propriedades estudadas nas estações seca e chuvosa.

Período/ Propriedades	Amônia (mg.L⁻¹)	Fósforo inorgânico dissolvido (mg.L⁻¹)	Fósforo total (mg.L⁻¹)	Nitrito (mg.L⁻¹)
Período chuvoso/1-15	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Período seco/1-15	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Portaria nº 2.914/MS/2011	1,5mg/L	-	-	1mg/L
Resolução nº 357/CONAMA/2005	-	-	0,02mg/L	-

(-) Padrões não preconizados nas respectivas legislações.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As águas dos poços e nascentes das propriedades rurais estudadas, apresentaram a presença de bactérias do grupo coliforme em pelo menos um dos períodos avaliados, a causa primária desta contaminação certamente está relacionada a inadequada construção das fontes alternativas, resultando contaminação em 66,7% (10) das propriedades no período chuvoso e 20% no período seco para *E. coli* e para os coliformes totais, no período chuvoso a contaminação de 80% (12 propriedades) e no período seco 53,3% (8 propriedades).

Quanto às variáveis físicas e químicas avaliadas nas águas das nascentes e dos poços, de maneira geral encontraram-se em conformidade com a legislação vigente (Portaria do MS nº 2.912/11 e CONAMA nº 396/08). Entretanto para os parâmetros pH e turbidez, as propriedades 3 (nos dois períodos avaliados), 13 e 14 (período seco) encontraram-se em discordância ao preconizado nas legislações citadas.

Os produtores rurais apresentaram desconhecimento e despreparo nas práticas higiênico-sanitárias, destacando a destinação dos resíduos produzidos nas propriedades, construção de fossas em desacordo com as normas vigentes, e ainda o desconhecimento sobre o método de construção das fontes alternativas individuais de água.

A periodicidade na avaliação da qualidade da água usada pelos produtores de polpa é essencial, visto que é utilizada para higienização das frutas como também dos equipamentos e utensílios. Sendo assim, sugere-se trabalho de capacitação dos produtores sobre os cuidados que os mesmos devem ter na construção das fontes alternativas de água bem como os cuidados higiênico-sanitários.

REFERÊNCIAS

ABES (Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental). **Remoção de microorganismos emergentes e microcontaminantes orgânicos no tratamento de água para consumo humano**. Pádua, V. L. de. Rio de Janeiro, 2009.

ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS). **NBR-12.212/2006**: Projeto de Poço Tubular para captação de Água Subterrânea. ABNT, 2006.

ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS). **NBR-12.244/2006**: Construção de Poço Tubular para captação de Água Subterrânea. ABNT, 2006.

ALABURDA, J. e NISHIHARA, L. **Presença de compostos de nitrogênio em água de poços**. Revista Saúde Pública, 32 (2): p. 160-165, 1998.

AMARAL L. A.; ROSSI JR. O. D.; NADER F. A, ALEXANDRE A. V. **Avaliação da qualidade higiênico-sanitária de poços rasos localizados em uma área urbana: utilização de colifagos em comparação com indicadores bacterianos da poluição fecal**. Revista Saúde Pública, 1994; 28:345-8.

AMARAL L. A.; NADER F. A.; ROSSI JR O. D.; FERREIRA L. A. F.; BARROS L. S. S. **Água de consumo humano com fator de risco à saúde em propriedades rurais**. Revista Saúde Pública, 2003; 37:510-4.

ANA (Agência Nacional de Águas). **GEO Brasil: recursos hídricos**. Brasília, 2007.

ANA (Agência Nacional de Águas). **Água na medida certa: a hidrometria no Brasil**. Textos elaborados por Antonio Cardoso Neto. Brasília, 2012. 72 p.: il.

ANA (Agência Nacional de Águas). **Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos - Cnarh**. Manual do usuário. Brasília, 2008.

ANA (Agência Nacional de Águas). **Panorama da qualidade das águas subterrâneas no Brasil**. Caderno de Recursos Hídricos nº5. Brasília, 2007 b. 124 p. : il.

APHA, AWWA, WEF. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. Edition 19. Washington, 1995.

ARAÚJO, G. F. R. de; ALVES, R. I. da S.; TONANI, K. A. de A.; RAGAZZI, M. F.; JULIÃO, F. C.; SAMPAIO, C. de F.; CARDOSO, O. de O.; MUÑOZ, S. I. S.; **Qualidade físico-química e microbiológica da água para o consumo humano e a relação com a saúde: estudo em uma comunidade rural no estado de São Paulo**. O Mundo da Saúde, São Paulo: 2011;35(1):98-104.

AZEVEDO, R. P. **Sistema de Abastecimento de Água em Comunidades Rurais de Várzea na Amazônia: da utopia da implantação ao desafio da gestão sustentável**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Amazonas. Amazonas, 2004. 160pp.

AZEVEDO, R. P. **Uso de água subterrânea em sistema de abastecimento público de comunidades na várzea da amazônia central**. Acta Amazônica. vol. 36(3) 2006: 313 – 320.

BAHIA, M. A. S. **Caracterização biogeoquímica de águas subterrâneas da zona urbana de Porto Velho-RO**. Dissertação de Mestrado em Geologia e Geoquímica. Centro de Geociências. Universidade Federal do Pará (UFPA). Belém, PA. 1997. 129 p.

BARACUHY, J. G. de V. **Técnicas agrícolas para contenção de solo e água**. Campina Grande: FUNASA, 2007. 43p. Folheto e DVD.

BARCELLOS, C.M.; ROCHA, M.da.; RODRIGUES, L. dos S.; COSTA, C.C.; OLIVEIRA, P.R. de.; SILVA, I. J.da.; JESUS, E. F. M.de.; ROLIM, R.G. **Avaliação da qualidade da água e percepção higiênico-sanitária na área rural de Lavras, Minas Gerais, Brasil, 1999-2000**. Caderno Saúde Pública, Rio de Janeiro, 22(9):1967-1978, setembro de 2006.

BETTEGA, J. M. P. R.; MACHADO, M. R.; PRESIBELLA, M.; BANISKI, G.; BARBOSA, C. A. **Métodos analíticos no controle microbiológico da água para consumo humano**. Ciências Agro Tecnológicas, v. 30,n.5, 2006.

BEVILACQUA, P. D.; BASTOS R. K. X.; HELLER L.; OLIVEIRA A. A.; VIEIRA M. B. C. M.; BRITO L. L.; **Perfil parasitológico e qualidade da água para consumo humano: aplicação da metodologia da avaliação de risco**. Ver Bras Epidemiol 2002; Suplemento Especial:454.

BRASIL. **Portaria nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011.** Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Ministério da Saúde, Brasília.

BRASIL. **Decreto nº 32.955, de 7 de fevereiro de 1991.** Regulamenta a Lei nº 6.134, de 2 de junho de 1988.

BRASIL. **Decreto nº 10114, de 20 de setembro de 2002.** Regulamenta a Lei Complementar nº 255, de 25 de janeiro de 2002, que institui a Política Estadual de Recursos Hídricos.

BRASIL. **Decreto nº 5.440, de 4 de maio de 2005.** Estabelece definições sobre controle de qualidade de água.

BRASIL. **Manual de saneamento.** 3. ed. rev. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2006. 408 p.

BRASIL. **Inspeção sanitária em abastecimento de água.** Secretaria de Vigilância em Saúde. Brasília: Ministério da Saúde, 2006 a. 84 p. – (Série A. Normas e Manuais Técnicos).

BRASIL. **Boas práticas no abastecimento de água: procedimentos para a minimização de riscos à saúde.** Secretaria de Vigilância em Saúde. Brasília: Ministério da Saúde, 2006 b.252 p. (Série A. Normas e Manuais Técnicos).

BRASIL. **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano.** Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde. – Brasília: Ministério da Saúde, 2006 c. 212 p. – (Série B. Textos Básicos de Saúde).

BRASIL. **Manual de orientação para cadastramento das diversas formas de abastecimento de água para consumo humano.** Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Brasília, 2007. 40 p. – (Série A. Normas e Manuais Técnicos).

BRASIL. **Contaminação de água para consumo humano com nitrato.** Ministério da Saúde. Parecer técnico, 2008.

BROOKS, D. e CECH, I. *Nitrates and bacterial distribution in rural domestic water supplies.* Water Research, v. 13, p. 33-41, 1979.

CAMPOS, J. C. V.; DREWS, M. G. P. **Estudo hidrogeológico no Distrito de Extrema Município de Porto Velho (RO).** CPRM: Serviço Geológico do Brasil. Porto Velho - RO. 23p. 1999.

CAMPOS, J. C. V.; DREWS, M. G. P.; SCANDOLARA, J. E. **Estudo hidrogeológico no Município de Buritis (RO)**. CPRM: Serviço Geológico do Brasil. Porto Velho-RO. 26p. 1999.

CANTER, L. W. *Nitrates in Groundwater*. Boca Raton: CRC Press. 1997.

CARDOSO A. L. S. P.; TESSARI, E. N. C.; CASTRO, A. G. M.; KANASHIRO, A. M. I. **Pesquisa de *Salmonella spp.*, coliformes totais, coliformes fecais e mesófilos em carcaças e produtos derivados de frango**. Arquivos do Instituto Biológico, São Paulo, v.67, n.1, p.2530, 2000.

CARMOUZE, J. P. **O Metabolismo dos ecossistemas aquáticos: fundamentos teóricos, métodos de estudo e análises químicas**. São Paulo: Edgard Blücher, 1994, 253p.

CARVALHO, R. A.; OLIVEIRA, M. C. V. **Princípios básicos de saneamento do meio**. São Paulo. 3ª ed.:editora SENAC. São Paulo, 2003.

CASALI, C. A. **Qualidade da água para consumo humano ofertada em escolas e comunidades rurais da região central do Rio Grande do Sul**. Dissertação de Mestrado. Santa Maria, RS. 2008.173p.

CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental). **Hidrogeologia. Noções e definições em Hidrogeologia**. Disponível em <<http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/Informa??es-B?sicas/2-Hidrogeologia>>. Acesso em: 24 de junho de 2012.

CAESB (COMPANHIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL DO DISTRITO FEDERAL). **Instruções para instalação de fossa séptica e sumidouro em sua casa**. BRASÍLIA - DF. Disponível em: <http://www.caesb.df.gov.br/images/arquivos_pdf/instalacao-fossa-septica-sumidouro.pdf>. Acesso em: maio de 2013.

CETESB (COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL). **Qualidade das águas subterrâneas no Estado de São Paulo. São Paulo 2001 – 2003**. 2004. 106 p.

CONBOY, M. J. & GOSS, M. J. *Natural protection of groundwater against bacteria of fecal origin*. Journal of Contaminant Hydrology. v. 43, p. 1-24, 2000.

CPRM. **Noções básicas sobre poços tubulares. Ações emergenciais de combate aos efeitos das secas.** Programa de perfuração, instalação, recuperação de poços e aplicação de técnicas de dessalinização de água subterrânea. Cartilha informativa. Superintendência Regional do Recife. 1998.

DANIEL, M. H. B. **Caracterização do perfil do nitrato na água para consumo humano do município de Natal-RN no ano de 2007.** Monografia (especialização) -Universidade de Brasília. 2008.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos da limnologia.** 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 602 p, 1998.

FARIAS, W. M.; **A influência do oxi-hidróxido de Fe matricial no comportamento mecânico de solos tropicais em áreas de disposição de resíduos sólidos.** Espaço & Geografia , v. 6, n. 2. 2003. p. 115-131.

FEAGA, J.; *Nitrates and groundwater: Why Should We Be Concerned with Our Current Fertilizer Practices?* Funding for this research provided by the Oregon Department of Agriculture, Salem. Special Report 1050 . 2004.

FEITOSA, A C. F. e MANOEL FIHO, J. **HIDROGEOLOGIA - CONCEITOS E APLICAÇÕES.** CPRM – Serviço Geológico do Brasil, Editora Gráfica LCR; Fortaleza, 1997. 389p.

FERREIRA, P. A. **Aspectos físico-químicos do solo.** In: GHEYI, H. R.; QUEIROZ, J. E.; MEDEIROS, J. F. de. (ed.). Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada. Campina Grande: UFPB, 1997, p. 37-67.

FIERO (Federação das Indústrias do Estado de Rondônia). **Perfil Socioeconômico e Industrial do Estado de Rondônia.** Porto Velho, 1997.

FORESTI, E.; **Métodos de análises físico-químicas de rotina de águas residuárias tratadas biologicamente.** São Carlos: EdUSP, 2005.

FRANCO, B. D. G.M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos alimentos.** Atheneu: São Paulo, 2003. 182p.

FUNASA. **Saneamento Rural.** Disponível em: <<http://www.funasa.gov.br/site/engenharia-de-saude-publica-2/saneamento-rural/>> acesso em 12 de janeiro de 2013.

GASTALDINI, M. do C. C.e MENDONÇA, A. S. F. **Conceitos para a avaliação da qualidade da água.** In: Paiva, J. B. D. e Paiva, E. M. C. D. (Org.) Hidrologia aplicada a gestão de pequenas Bacias Hidrográficas. Porto Alegre: ABRH, 2001. p. 429-451

GIATTI L. L.; ROCHA A. A.; SANTOS F. A.; BITTENCOURT S. C.; PIERONI S. R. **Condições de saneamento básico em Iporanga, Estado de São Paulo.** Revista Saúde Pública 2004; 38:571-7.

GONÇALVES, C. S. **Qualidade de águas superficiais na microbacia hidrográfica do arroio Lino Nova Boêmia.** Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal de Santa Maria, Agudo – RS. 2003. 90f.

HEDIN, L. O.; VITOUSEK, P. M.; MATSON, P. A. *Nutrient losses over for million years of tropical forest development* . Ecol ogy, v.84, n.9, p. 2231-2255, 2003.

HELBEL, A. F. **Análise da qualidade das águas subterrâneas no perímetro urbano de Ji-Paraná/RO.** Trabalho de conclusão de curso de engenharia ambiental. UNIR. 110p. 2011.

HELLER L.; COLOSIMO A. E.; ANTUNES C. M. F. *Environmental sanitation conditions and health: impact:a case-control study.* Ver. Soc. Bras. Med. Trop. 2003; 36:41-50.

HELLER, L. e PÁDUA, V. L. de. **Abastecimento de água para consumo humano.** Belo Horizonte: Editora UFMG, 2006. 859P

HILL. M. J. *Invited commentary Nitrate toxicity: myth or reality?* British Journal of Nutrition, 81, 343–344. 1999.

HIRATA, R.; SUHOGUSOFF, A.; FERNANDES, A. *Groundwater resources in the state of São Paulo (Brazil): the application of indicators.* An. Acad. Bras. Cienc., Rio de Janeiro, v. 37, n. 06, p. 141-152, 2007. ISSN: 0001-3765.

HOLANDA, J. S. de & AMORIM, J. R. A. de. **Qualidade da água para irrigação,** In: GHEYI, H. R.; QUEIROZ, J. E.; MEDEIROS, J. F. de. (ed.). Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada. Campina Grande: UF PB, 1997, p.137-169.

IBGE (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA). **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico.** Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística; 2000.

IBGE (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA). **Indicadores de Desenvolvimento Sustentável – Brasil 2010.** Rio de Janeiro, 2010.

IBGE (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA). **Indicadores de Desenvolvimento Sustentável. Brasil, 2004.** Disponível em: <<http://www2.Ibge.gov.br/pub/>>. Acesso em: 20 mar. de 2011.

INSA (INSTITUTO NACIONAL DE SAÚDE DOUTOR RICARDO JORGE). **Consumo de água de nascentes naturais – Um problema de saúde pública.** Departamento de Saúde Ambiental. 2010. Disponível em: <http://www.insa.pt/sites/INSA/Portugues/Publicacoes/Outros/Documents/SaudeAmbiental/Foelho_Cons_Agua_Nasc_Naturais.pdf> Acesso em: 12 de janeiro de 2013.

IRITANI, M. A. e EZAKI, S. **As águas subterrâneas do Estado de São Paulo.** Secretaria de Estado do Meio Ambiente – SMA, 2012. 104p.: il. Color.; 23cm. 3a edição.

IGM. **Água subterrânea: conhecer para proteger e preservar.** Midões, C; Fernandes, J.; Costa, C. G, 2001.

KRUSCHE, A. V.; BALLESTER, M. V. R.; VICTORIA, R. L.; BERNARDES, M. C.; LEITE, N. K.; HANADA, L.; VICTORIA, D. de C.; TOLEDO, A. M.; OMETTO, J. P.; MOREIRA, M. Z.; GOMES, B. M.; BOLSON, M. A.; NETO, S. G.; BONELLI, N.; DEEGAN, L.; NEILL, C.; THOMAS, S.; AUFDENKAMPE, A. K.; RICHEY, J. E.; **Efeitos das mudanças do uso da terra na biogeoquímica dos corpos d'água da bacia do rio Ji-Paraná, Rondônia.** VOL. 35(2) 2005: 197 – 205 Acta amazônica.

MARTINS, I. A. V. **Avaliação da qualidade da água subterrânea em área de influência do lixão inativo do bairro Boa Esperança (Ji-Paraná/RO).** Trabalho de Conclusão de curso. Engenharia Ambiental. UNIR. 66p. 2011.

MARQUES, R. **Ensaio preliminares para o monitoramento da acidez da chuva em Cuiabá, MT.** Caminhos de Geografia 21(17) 225 – 236. 2006.

MEDEIROS, F. e FERNANDES, C. **Notas de aulas. Saneamento básico/ Engenharia Sanitária. ITEM 1. ABASTECIMENTO DE ÁGUA - CAPÍTULO I. A ÁGUA NA NATUREZA – II.3.3. Doenças relacionadas com a água - IV. 4. ÁGUAS SUBTERRÂNEAS - IV. 2. TIPOS DE MANANCIAS.** Universidade Federal de Campina Grande – UFCG. Disponível em <<http://www.dec.ufcg.edu.br/saneamento/>>. Acesso em: 24 de jul. de 2011.

MELO, J. L. S.; SILVA, F. D.; LIMA, A. M. **Avaliação da remoção de nitrogênio orgânico e amoniacal em amostras de esgotos domésticos submetidos a pós-tratamento em tabuleiros irrigados.** XIII Congresso Brasileiro de Engenharia Química. 2000.

MENDES, J. da S.; CHAVES, L. H. G e CHAVES, I. de B. **Qualidade de água para consumo humano em comunidades rurais do município de Congo, PB.** Rev. Ciên. Agron., Fortaleza, v. 39, n. 02, p. 333-342, Abr.- Jun., 2008.

MIRANDA, L. A. S. e MONTEGGIA, L. O. **Sistemas e processos de tratamento de águas de abastecimento.** Porto Alegre: (S. n.), 2007. 148p.

MMA (Ministério do Meio Ambiente). **Águas subterrâneas um recurso a ser conhecido e protegido.** Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano. Brasília, 2007.

MMA (Ministério do Meio Ambiente). **Conjunto de normas legais: recursos hídricos.** Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano. 7. ed. 640 p. 21cm. Brasília, 2011. (Resolução nº. 15, de 11 de janeiro de 2001. Estabelece diretrizes gerais para a gestão de águas subterrâneas. 165 – 167 p. Publicada no D.O.U em 22/1/2001.

MORAES, P. B. **Curso superior de tecnologia em saneamento ambiental CESET/UNICAMP.** St 502 - Tratamento biológico de efluentes líquidos. St 503 – Tratamento físico-químico de efluentes líquidos. 2008.

MOZA P. G.; Pieri O. S.; BARBOSA C. S.; REY L. **Fatores sócio- demográficos e comportamentais relacionados à esquistossomose em uma agrovila da zona canavieira de Pernambuco.** Cad Saúde Pública 1998; 14:107-15.

MUELLER, D. K.; HELSEL, D. R. **Nutrients in the Nation's Waters-Too Much of a Good Thing.** U.S. Geological Survey Circular 1136. 1996.

OLIVEIRA, J. R. A.; VILELA, L.; AYARZA, M. A. **Adsorção de nitrato em solos de cerrado do distrito federal.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.35, n.6, p.1199-1205, jun. 2000.

OLIVEIRA, C. P. de. **Águas subterrâneas: fontes legais e seguras de abastecimento.** Caderno Técnico nº 5 ABAS (Associação Brasileira de Águas Subterrâneas). 112p. São Paulo, 2012.

OLIVEIRA, K. W. de; MORAIS, P. B. de; SERZEDELO, J. L. **Qualidade e conservação da água, o paradigma de um futuro imediato.** In: Anais Congresso interamericano de engenharia sanitária e ambiental. Porto Alegre: ABES, 2000. 9p. (Cd-rom).

PÁDUA, V. L.; FERREIRA, A. C. S. **Qualidade da água para consumo humano**. In: HELLER, L.; PÁDUA, V. L. (Org.). Abastecimento de água para consumo humano. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2006, p. 153-222.

PARRON, L. M.; MUNIZ, D. H. DE F.; PEREIRA, C. M. **Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água**. – Dados eletrônicos. – Colombo: Embrapa Florestas, 2011.

PESACRE (Grupo de Pesquisa e Extensão em Sistemas Agroflorestais do Acre). **Plano territorial de desenvolvimento rural sustentado**. Secretaria de Desenvolvimento Territorial - Ministério do Desenvolvimento Agrário. Território central - Estado de Rondônia, 2007.

PORTO, M. F. A.; BRANCO, S. M.; De LUCA, S. J. **Caracterização da qualidade da água**. In: Porto, R. L. L. (org) Hidrologia Ambiental. São Paulo: Editora da USP. ABRH, p.27-66 (Coleção ABRH de Recursos Hídricos; v. 3.1991.

REVISTA SANEAS. **O papel essencial das águas subterrâneas**. AESABESP (Associação dos Engenheiros da Sabesp). Ano IX - Edição 29 – 6 – 17 p. Abril/Maio/Junho 2008. Fonte: Livro “O Aquífero Guarani” de autoria de Nádia Rita Boscardin Borguetti, José Roberto Borghetti e Ernani Francisco da Rosa Filho. Dados fornecidos pela ABAS - Associação Brasileira de Águas Subterrâneas.

RHASA (Recursos hídricos e altimetria espacial na Amazônia). **Hidrologia. Dicionário hídrico**. Disponível em <<http://www.rhasa.org/>>. Acesso em: 12 de fev. de 2012.

RODRIGUES, E. R. D. **Avaliação espacial da qualidade da água subterrânea na área urbana de Porto Velho - Rondônia – Brasil**. Porto Velho: UNIR, 2008. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente), Fundação Universidade Federal de Rondônia, 2008.

SILVA, A. C. **Estudo da contaminação do lençol freático através da integração de técnicas geofísicas e geoquímicas em Ji-Paraná-RO**. Rio Claro: IGCE/UNESP, 2008. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, 2008.

SCRAGG, R. K. R.. *Birth defects and household water supply*. Med. J. Aust 2: 1982. p. 577-579.

SCHEIDLEDER, A. *Nitrate in groundwater*. European Environment Agency. Copenhagen, 2002.

SEDAM (Secretaria de Estado de Desenvolvimento Ambiental). **Boletim Climatológico de Rondônia - Ano 2010**. COGEO - SEDAM / Coordenadoria de Geociências – Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental - v12, 2010 - Porto Velho: COGEO. Disponível em: <<http://www.sedam.ro.gov.br>> Acesso em: 12 de outubro de 2013

SILVA, R. C. A. e ARAÚJO, T. M. **Consumo humano da água do manancial subterrâneo em duas áreas urbanas de Feira de Santana-BA/2000**. Perfil dos consumidores. Rev Bras Epidemiol 2002; Suplemento Especial:457.

SILVA, R. L. B.; BARRA, C. M.; MONTEIRO, T. C. N.; BRILHANTE, O. M. **Estudo da contaminação de poços rasos por combustíveis orgânicos e possíveis conseqüências para a saúde pública no Município de Itaguaí, Rio de Janeiro, Brasil**. Cad Saúde Pública 2002; 18:1599-607.

SOARES, S. R.; BERNARDES, R. S.; NETTO, O. M. **Relações entre saneamento, saúde pública e meio ambiente: elementos para formulação de um modelo de planejamento em saneamento**. Cad Saúde Pública 2002; 18:1713-24.

SHUVAL, H. I. & GRUENER, N. Epidemiological and toxicological aspects of nitrates and nitrites in the environment. American Journal of public Health , n. 62, p. 1045-1052, 1972.

SZWARCWALD, C. L.; LEAL, M. C.; ANDRADE, C. L. T.; SOUZA, J. R. P. R. B. **Estimação da mortalidade infantil no Brasil: o que dizem as informações sobre óbitos e nascimentos do Ministério da Saúde?** Cad Saúde Pública 2002; 18:1725-36.

TUCCI, C. E. M. **Gestão da água no Brasil**. Brasília: UNESCO, 2001. 156p.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.

QUEIROZ, M. F.; CARDOSO, M. C. S.; SANTANA, E. M.; GOMES, A. B.; RIQUE, S. M. N.; LOPES, C. M. **A qualidade da água de consumo humano e as doenças diarreicas agudas no Município do Cabo de Santo Agostinho, PE**. Rev Bras Epidemiol 2002; Suplemento Especial:456.

USEPA (United States Environmental Protection Agency). *Nitrate and nitrite in drinking water*. California Public Health Goal (PHG). 1997.

ZIMBRES, E. **Água Subterrânea**. Disponível em: <<http://www.meioambiente.pro.br/agua/guia/aguasubterranea.htm>> Acesso em: 12 de janeiro de 2013.

Apêndice A - Questionário aplicado junto à pessoa responsável pela propriedade rural, produtora de polpa, disponível no horário da visita e coleta da amostra de água, na região central de Rondônia.

1) Qual é a fonte de água utilizada na residência?

- Água de poço
 Água distribuída pela CAERD
 Córrego/rio

2) Para qual finalidade a água é utilizada?

- Na limpeza e higienização
 Para consumo
 Na produção de polpa
 Se sim, há algum tratamento especial, qual?

Todas as opções anteriores

3) Qual é o tipo de tratamento realizado na água de poço?

- Coloca-se água sanitária
 Coloca-se Cloro
 Ferve-se a água
 Não há tratamento
 Outros _____

4) Qual é a periodicidade do tratamento realizado na água de poço?

- Uma vez a cada três meses
 Uma vez a cada seis meses
 Uma vez a cada um ano
 Outros _____

5) Há casos na família de doenças como diarreia, micose e entre outras?

- Sim Não
 Qual(is) foi(ram) a(s) doença(s): _____

6) Qual é o período do ano que ocorre maior ocorrência de doenças?

- No período de estiagem
 No período de chuvoso

7) Qual é o tipo de esgotamento sanitário utilizado?

- Fossa Negra
 Fossa Séptica
 Lançamento direto em um corpo hídrico

8) Caso o esgotamento sanitário seja a fossa, como ela foi construída?

- Com paredes e fundos revestido por alvenaria
 Com revestimento de manilhas nas paredes e alvenaria no fundo
 Sem nenhum tipo de revestimento

9) Como o poço foi construído?

- Com paredes de alvenaria
 Com paredes revestidas por manilhas de concreto

Somente foi escavado, não há nenhum tipo de revestimento nas paredes

10) Como é a tampa do poço?

- concreto
 madeira
 metal Não há tampa

11) Como é retirada a água do poço?

- Com balde
 Através do bombeamento e armazenamento em um reservatório

12) Quantas pessoas moram na residência?

- Uma Duas a três
 Quatro a cinco Mais de seis

13) Qual é o nível de escolaridade do(a) dono(a) da casa?

- Não é alfabetizado(a)
 Fez o ensino fundamental
 Fez o ensino médio
 Fez o ensino superior

14) Qual é a profundidade da fossa? _____ metros

15) Qual é a profundidade do poço? _____ metros

16) Qual é a distância entre o poço e a fossa? _____ metros

17) Qual a renda da família?

- até 3 salários mínimos
 de 3 a 7 salários
 mais de 7 salários

18) Qual o destino final do lixo?

- lixão rio ou outro corpo d' água
 outro: _____

19) Realizam compostagem?

Endereço da Residência e Observações

