

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA URBANA**

**ELABORAÇÃO DE MODELO CONCEITUAL PARA**  
**MONITORAMENTO DE RISCOS À CONTAMINAÇÃO DA**  
**ÁGUA EM COMUNIDADES RURAIS**

**RONY FELIPE MARCELINO CORRÊA**

São Carlos, SP  
2020

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA URBANA**

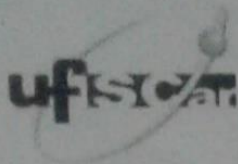
**ELABORAÇÃO DE MODELO CONCEITUAL PARA**  
**MONITORAMENTO DE RISCOS À CONTAMINAÇÃO DA**  
**ÁGUA EM COMUNIDADES RURAIS**

**RONY FELIPE MARCELINO CORRÊA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Urbana.

Orientação: Profa. Dra. Katia Sakihama Ventura

São Carlos, SP  
2020

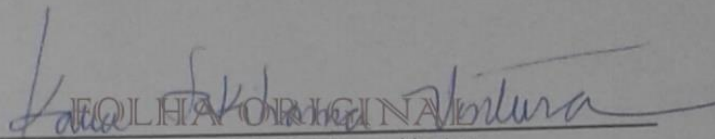


UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

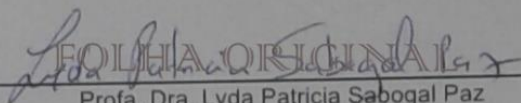
Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana

Folha de Aprovação

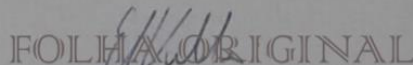
Assinaturas dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Dissertação de Mestrado do candidato Rony Felipe Marcelino Corrêa, realizada em 13/03/2020:

  
FOLHA ORIGINAL

Prof. Dra. Katia Sakihama Ventura  
UFSCar

  
FOLHA ORIGINAL

Prof. Dra. Lyda Patricia Sabogal Paz  
USP

  
FOLHA ORIGINAL

Prof. Dr. Erich Kellner  
UFSCar

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus por me conceder força, foco e fé para cumprir esta pesquisa.

Aos meus pais, Roberto e Maria do Carmo, pelo amor que me fez chegar até aqui.

À minha orientadora profa. Katia, pela dedicação e entusiasmo que conduziu a presente orientação.

Aos professores do Programa de Pós-graduação em Engenharia Urbana, pelos ensinamentos ao longo do período de estudos.

Aos colegas e funcionários da UFSCar.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

**CORRÊA, R.F.M. Elaboração de modelo conceitual para monitoramento de riscos à contaminação da água em comunidades rurais.** 2020. 104 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos/SP, 2020

## **RESUMO**

Algumas práticas e atividades adotadas em comunidades rurais podem comprometer a qualidade da água que é consumida por seus moradores. O Plano de Segurança da Água (PSA) é um instrumento proposto pela Organização Mundial da Saúde (OMS) para prevenir contaminação da água para consumo humano. A presente pesquisa teve como objetivo elaborar um modelo conceitual para monitoramento de riscos à contaminação da água em comunidades rurais. A metodologia consistiu nas seguintes fases: i) caracterização do saneamento rural; ii) estruturação da matriz de priorização de riscos; iii) estruturação de modelo de avaliação e monitoramento; iv) elaboração de software; v) validação do banco de dados; vi) calibração e validação do software. Como resultados, um modelo conceitual para monitoramento de riscos foi concebido como instrumento para auxiliar a aplicação do PSA em comunidades rurais. A calibração e a validação do software foram realizadas em propriedades rurais no interior de São Paulo. Os resultados da calibração e da validação indicam que os eventos perigosos com maior risco de contaminação nas propriedades visitadas foram a presença de fezes e criação de animais nas proximidades da captação de água. Outros eventos em menor grau tiveram destaque como descarte irregular de resíduos e efluentes domésticos, condições precárias no reservatório e transporte de água às residências. Estas circunstâncias foram apontadas em literatura e o software possibilitou a identificação e mensuração do risco. O software contemplou as etapas preliminares e de avaliação do sistema do PSA, e foi submetido para validação e calibração. O monitoramento do PSA depende da aplicação de mecanismos de prevenção, como o software elaborado, na área rural.

**PALAVRAS-CHAVE:** Segurança da Água, Contaminação da Água, Saneamento Rural, Monitoramento Ambiental, Python.

**CORRÊA, R.F.M. Development of a conceptual model for monitoring risks to water contamination in rural communities.** 2020. 104 p. Dissertation (Master in Urban Engineering) – Exact and Technology Sciences Center, Department of Civil Engineering, Graduate Program in Urban Engineering, Federal University of São Carlos, São Carlos/SP, 2020

### **ABSTRACT**

Some practices and activities adopted in rural communities can impair water quality consumed by owners. The Water Safety Plan (WSP) is a tool proposed by the World Health Organization (WHO) to prevent drinking water contamination for human consumption. The objective of this research was to develop a conceptual model for monitoring risks associated with water contamination in rural communities. The methodology consisted of the following phases: i) characterization of rural sanitation; ii) structuring the risk prioritization matrix; iii) structuring an evaluation and monitoring model; iv) elaboration of software; v) validation of the database; vi) software calibration and validation. As a result, a conceptual model for risk monitoring was conceived as an instrument to assist in the application of WSP in rural communities. The calibration and validation of the software was carried out in rural properties in the interior of São Paulo. The results of the calibration and validation indicate that the hazardous events with the greatest risk of contamination in the properties visited were the presence of feces and the presence of agricultural livestock near the water catchment. Other less impactful events were highlighted, such as irregular disposal of domestic waste and effluents, precarious conditions in water storage tanks and transportation of water to homes. These circumstances were pointed out in the literature and the software made it possible to identify and measure the risk. The software covered the preliminary and evaluation stages of the WSP system, and was submitted to validation and calibration. The monitoring of the WSP depends on the application of prevention mechanisms, such as the software developed, in the rural area.

**KEYWORDS:** Water Safety, Water Contamination, Rural Sanitation, Environmental Monitoring, Python.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Formas de captação de água.....	17
Figura 2. Fases e etapas fundamentais para implementação do PSA.....	22
Figura 3. Mapa de localização de São Carlos, SP, região sudeste do Brasil.....	25
Figura 4. Área do assentamento Horto Bueno de Andrada.....	26
Figura 5. Mapa de localização de Araraquara, SP, região sudeste do Brasil.....	27
Figura 6. Fases para desenvolvimento da pesquisa.....	28
Figura 7. Ilustração do conteúdo do software desenvolvido.....	30
Figura 8. Percentual populacional rural por estado brasileiro.....	34
Figura 9. Domicílios ligados à rede.....	35
Figura 10. Domicílios com e sem canalização interna.....	36
Figura 11. Domicílios em relação ao esgotamento sanitário.....	36
Figura 12. Domicílios com coleta de resíduos sólidos.....	37
Figura 13. Página inicial do software de avaliação de riscos.....	42
Figura 14. Etapa de dados do local de estudo e equipe responsável pelo PSA.....	43
Figura 15. Etapa de seleção do componente analisado no local de estudo.....	43
Figura 16. Extrato da matriz de eventos perigosos para captação de água superficial... 44	
Figura 17. Extrato dos resultados obtidos utilizando a matriz de priorização de riscos. 44	
Figura 18. Exemplo de resultado gráfico para priorização de risco.....	45
Figura 19. Mapa de localização da área e pontos analisados.....	48
Figura 20. Aspectos ambientais observados no acampamento:.....	49
Figura 21. Resultado gráfico para priorização de riscos no componente captação de água superficial- ponto 1.....	50
Figura 22. Resultado gráfico para priorização de riscos no componente captação de água superficial- ponto 1.....	51
Figura 23. Resultado gráfico de priorização de riscos para componentes utilização de água bruta ou tratada - ponto 2.....	53
Figura 24. Resultado gráfico de priorização de riscos para coleta de água - ponto 2 ....	54
Figura 25. Resultado gráfico de priorização de riscos para o componente utilização de água bruta ou tratada - ponto 3.....	55
Figura 26. Resultado gráfico de priorização de riscos para o componente coleta de água - ponto 3.....	55

Figura 27. Resultado gráfico de priorização de riscos no componente utilização de água bruta ou tratada - no ponto 4.....	56
Figura 28. Resultado gráfico de priorização de riscos no componente coleta de água - no ponto 4.....	56
Figura 29. Resultado gráfico de priorização de riscos para o componente utilização de água bruta ou tratada - ponto 5.....	57
Figura 30. Resultado gráfico de priorização de riscos para o componente coleta de água - ponto 5.....	57
Figura 31. Pontos analisados no Assentamento Horto Bueno de Andrada. ....	59
Figura 32. Captação e reservação de água comumente realizada no assentamento .....	60
Figura 33. Resultado gráfico de priorização de riscos no componente captação de água subterrâneo no ponto 5.....	61
Figura 34. Resultado gráfico de priorização de riscos no componente captação de água subterrâneo no ponto 2.....	62



## LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Subsistema e componentes do Abastecimento de Água.....	20
Quadro 2. Benefícios e desafios do Plano de Segurança da Água .....	21
Quadro 3. Exemplo de quadro para agrupamento de informações de ameaças potenciais .....	29
Quadro 4. Aspectos avaliados por grupos de especialistas. ....	32
Quadro 5. Escala de respostas dos especialistas.....	32
Quadro 6. Características dos sistemas de captação de água .....	37
Quadro 7. Coleta e disposição de esgoto sanitário em pequenas comunidades .....	38
Quadro 8. Matriz de priorização de risco. ....	39
Quadro 9. Probabilidade e severidade de riscos .....	40
Quadro 10. Modelo de SSAAA para PSA em comunidades rurais.....	41
Quadro 11. Análise dos especialistas e ajustes realizados no banco de dados.....	46
Quadro 12. Análise de risco referente ao componente captação de água superficial: rio; nascentes; lagos. (C1.1), no ponto 1 .....	49
Quadro 13. Análise de risco realizada nos pontos entre 2 e 5 para o componente utilização de água bruta ou tratada (U.1) .....	52
Quadro 14. Análise de risco referente ao componente captação de água subterrânea: poço tubular semiartesiano (C2.3), no ponto 5. ....	61
Quadro 15. Análise de risco referente ao componente captação de água subterrânea: poço tubular semiartesiano (C2.2), no ponto 2 .....	62

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1. Síntese de informações da PNAD (IBGE, 2015) sobre o saneamento no Brasil .....	35
---	----

## LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS

APPCC	Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle
CAAE	Certificado de Apresentação para Apreciação Ética
CEP	Comitê de Ética em Pesquisas
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ETA	Estação de Tratamento de Água
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IQA	Índice de Qualidade da Água
ITESP	Fundação Instituto de Terras do Estado de São Paulo
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
OMS	Organização Mundial da Saúde
PLANSAB	Plano Nacional de Saneamento Básico
PNAD	Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios
PNSR	Programa Nacional de Saneamento Rural
PSA	Plano de Segurança da Água
SAA	Sistema de Abastecimento de Água
SANASA	Sociedade de Abastecimento de Água e Saneamento
SSAAA	Sistema e Soluções Alternativas de Abastecimento de Água
UFSCar	Universidade Federal de São Carlos

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA .....	12
2. OBJETIVOS .....	14
2.1 Objetivo geral .....	14
2.2 Objetivos específicos .....	14
3. REVISÃO DE LITERATURA .....	15
3.1 Planejamento do Saneamento Rural .....	15
3.2 Aspectos do abastecimento de água para consumo humano .....	16
3.3 Plano de Segurança da Água .....	18
3.3.1 Conceituação .....	18
3.3.2 Gerenciamento de riscos .....	19
3.3.3 Fases do PSA.....	22
3.4 Validação de instrumentos.....	23
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	25
4.1 Áreas de estudo .....	25
4.1.1 Acampamento Capão da Antas, São Carlos, SP .....	25
4.1.2 Assentamento Horto Bueno de Andrada em Araraquara, SP.....	26
4.2 Fases da pesquisa .....	28
4.2.1 Caracterização do saneamento para as propriedades rurais estudadas (fase 1) .....	29
4.2.2 Estruturação de matriz de priorização de riscos (fase 2).....	29
4.2.3 Estruturação de modelo de avaliação e monitoramento (fase 3).....	29
4.2.4 Elaboração de software para o PSA (fase 4) .....	30
4.2.5 Validação do banco de dados (fase 5).....	31
4.2.6 Calibração e validação do software (fase 6).....	33
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	34
5.1 Características do saneamento rural (fase 1) .....	34
5.1.1 Aspectos do saneamento no Brasil.....	34
5.1.2 Sistemas de captação e esgotamento sanitário em comunidades rurais .....	37
5.2 Matriz de priorização de riscos (fase 2).....	39
5.3 Modelo de avaliação e monitoramento (fase 3).....	40
5.4 Software de auxílio ao PSA (fase 4).....	41
5.5 Validação por especialistas (fase 5).....	46
5.6 Calibração e validação do software em comunidades rurais (fase 6) .....	47
5.6.1 Acampamento Capão das Antas, São Carlos, SP .....	47
5.6.2 Assentamento Horto Bueno de Andrada, Araraquara, SP .....	59
6. CONCLUSÕES .....	65
7. RECOMENDAÇÕES.....	66
REFERÊNCIAS .....	67
APÊNDICE A – EXTRATO DA PLANILHA ELETRÔNICA PARA VALIDAÇÃO DAS VARIÁVEIS.....	72
APÊNDICE B – BANCO DE DADOS DE VARIÁVEIS.....	78
APÊNDICE C – DOCUMENTOS PARA PARTICIPAÇÃO DE ESPECIALISTAS EM PESQUISA .....	97
ANEXO A – COMPROVANTE DE ENVIO DE DOCUMENTOS AO CEP DA UFSCAR.....	103
ANEXO B – PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP DA UFSCAR.....	104

## 1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

A água é um recurso essencial à manutenção da vida; todos têm direito à sua disponibilidade de forma adequada, acessível e segura. A segurança da água é vital para todos os usos domésticos, tais como consumo, preparo de alimentos e higienização pessoal.

Apenas o controle laboratorial - abordagem corretiva - com finalidade de garantir a segurança da água potável é insuficiente para a segurança ao consumo humano. Diretrizes e ferramentas de avaliação e gerenciamento de risco utilizam-se de uma abordagem preventiva, por isto são mais eficientes que abordagens convencionais.

O Plano de Segurança da Água (PSA) é um instrumento cujo objetivo é organizar e sistematizar as práticas de gestão aplicadas à água potável, utilizando-se de uma abordagem preventiva. Entre seus principais objetivos estão: prevenir e minimizar a contaminação das águas de origem; reduzir ou remover contaminantes dos processos de tratamento e; prevenir a contaminação em armazenamento, distribuição e manuseio.

As diretrizes do PSA são aplicáveis tanto em áreas urbanizadas – com sistema de distribuição por rede – como em pequenas comunidades, em sistemas e soluções alternativas coletivas e individuais de abastecimento de água – com ou sem canalização.

No Brasil, o saneamento rural não recebe a atenção devida e há grande potencial de risco de contaminação de água para consumo humano. Em comunidades rurais, há número elevado de focos de contaminação hídrica, tais como presença de animais e utilização do solo próximos dos pontos de captação, contaminação provocada por instalações de atividades agropecuárias e agroindustriais, disposição inadequada de resíduos sólidos e efluentes domésticos e industriais, entre outros.

A Organização Mundial da Saúde (OMS) reconhece a necessidade de superar os desafios para o fornecimento de água com segurança em pequenas comunidades. Observam-se que populações localizadas em áreas rurais são mais vulneráveis à contaminação da água e, em muitos casos, não há a utilização e o conhecimento de práticas conservacionistas para evitar ou mitigar tal contaminação.

No Brasil, apenas em dezembro de 2019 foi criado um programa específico para o saneamento em áreas rurais (BRASIL, 2019); trata-se do Programa Nacional de Saneamento Rural (PNSR). Portanto há carência de estudos que garantam a qualidade da água e o acesso seguro no meio rural. O programa prevê fomento à implementação do PSA em áreas rurais.

A garantia da segurança da água e saneamento adequados em comunidades rurais são indispensáveis para a prestação de serviços ecossistêmicos, reduzindo a pobreza e alcançando o crescimento inclusivo, bem-estar social e meios de subsistência sustentáveis. Isto vai de encontro com metas estabelecidas na Agenda 2030 para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), a qual propõe em seu objetivo 6 “assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todas e todos”.

Melhorar o acesso à água potável em pequenas comunidades contribui diretamente com melhores condições de saúde da comunidade e aumento das oportunidades de meios de subsistência sustentáveis, redução da pobreza e desenvolvimento educacional e econômico (WHO, 2014). Investimentos em saneamento rural geram impactos benéficos diretos na produção e crescimento econômico (SAUNDERS; WARFORD, 1983).

Na Islândia, doenças transmitidas pela água foram relatadas nos últimos 20 anos todas em pequenas instalações de água. O país depende quase que exclusivamente de águas subterrâneas, as quais são frequentemente fornecidas sem tratamento. Torna-se fundamental, portanto, implementar o conceito de segurança água e abordagem preventiva em comunidades menores (KLÖVE *et al.*, 2017; GUNNARSDÓTTIR; GISSURARSON, 2008).

Deste modo, a elaboração de modelo conceitual para monitoramento de riscos subsidia a tomada de decisão para a garantia de água segura em quantidade e qualidade, contribuindo com a saúde e sustentabilidade de comunidades rurais.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Elaborar modelo conceitual para monitoramento de riscos à contaminação da água em comunidades rurais.

### **2.2 Objetivos específicos**

- ✓ Caracterizar aspectos do saneamento rural.
- ✓ Elaborar mapa de distribuição populacional rural.
- ✓ Identificar os principais eventos perigosos que geram riscos à segurança da água em comunidades rurais.
- ✓ Adaptar a matriz de priorização de risco, baseada nas diretrizes e recomendações da Organização Mundial da Saúde.
- ✓ Estruturar modelo para concepção do PSA em áreas rurais.
- ✓ Elaborar software em Python para avaliação de riscos em comunidades rurais.
- ✓ Calibrar e validar o software proposto em comunidades rurais de São Carlos e Araraquara, no interior paulista.

### **3. REVISÃO DE LITERATURA**

#### **3.1 Planejamento do Saneamento Rural**

O Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB), aprovado pelo decreto nº 8.141/2013, consiste em um planejamento integrado do saneamento básico, incluindo os quatro componentes: abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, drenagem de águas pluviais urbanas e manejo de resíduos sólidos (BRASIL, 2015a). O plano tem sua elaboração prevista na Lei nº 11.445, a qual estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico (BRASIL, 2007).

Essa lei de saneamento básico destaca nas suas diretrizes a “garantia de meios adequados para o atendimento da população rural dispersa, inclusive mediante a utilização de soluções compatíveis com suas características econômicas e sociais peculiares”. Estabelece também, entre seus objetivos, “proporcionar condições adequadas de salubridade ambiental às populações rurais e de pequenos núcleos urbanos isolados (BRASIL, 2007).

Foram definidas macrodiretrizes e estratégias as quais orientam a atuação dos agentes do setor de saneamento e que foram utilizadas como referência para o delineamento de três programas para operacionalização do PLANSAB: saneamento básico integrado, saneamento rural e saneamento estruturante (BRASIL, 2015a; FUNASA, 2017).

Com relação ao saneamento rural, foi estabelecido no fim do ano de 2019 um Programa Nacional de Saneamento Rural (PNSR). De acordo com o PLANSAB, a coordenação do processo de elaboração e execução do PNSR é responsabilidade do Ministério da Saúde, por meio da Fundação Nacional de Saúde (FUNASA), segundo FUNASA (2017).

O PNSR tem como objetivo promover o desenvolvimento de ações de saneamento básico em áreas rurais, sendo importante destacar que o ambiente rural é constituído de diversos tipos de comunidades, com características específicas de cada região do Brasil; exige-se, portanto, formas particulares de intervenção com relação às questões ambientais, tecnológicas e educativas, como de gestão e sustentabilidade das ações (FUNASA, 2017).

Entre as etapas para a concepção e estruturação do PNSR está a elaboração de diretrizes (orientações) e estratégias (procedimentos) para nortear as ações de planejamento e execução relacionadas ao saneamento rural. Neste documento, medidas



de controle e vigilância para o fomento do PSA em áreas rurais são mencionadas pela Diretriz 7 no capítulo 5 (BRASIL, 2018):

Diretriz 7: Efetivar o controle e a vigilância da qualidade da água para consumo humano em soluções alternativas coletivas e individuais de abastecimento de água nas áreas rurais.

Estratégia 7.6 – Fomentar a implementação de Planos de Segurança da Água em sistemas e soluções alternativas coletivas e individuais de abastecimento de água.

Observa-se, portanto, que diretrizes para implementação do PSA em áreas rurais no Brasil são recentes e encontram-se em discussão.

O planejamento do saneamento rural está amparado pela lei de saneamento básico, a qual indica que sejam priorizados meios adequados de saneamento para a população rural, observando características intrínsecas de cada comunidade. Medidas de vigilância sanitária em comunidades rurais devem ser pesquisadas e amplamente discutidas com todo setor envolvido.

### **3.2 Aspectos do abastecimento de água para consumo humano**

Na gestão da água, uma das principais prioridades da sociedade é o atendimento por sistema de abastecimento de água em quantidade e qualidade adequadas, devido importância relacionada às necessidades à saúde e desenvolvimento (TSUTIYA, 2004).

Há mananciais de água suficiente no mundo para atender essas prioridades básicas da sociedade, mas devido à economia inadequada ou infraestrutura deficiente, milhões de pessoas no mundo por ano adoecem por motivos relacionados ao fornecimento ineficiente de água e ao comprometimento do saneamento e higiene (ONU, 2018).

O manancial é uma fonte para suprimento de água, podendo ser um manancial superficial (córregos, rios, lagos e represas) ou manancial subterrâneo. Estes mananciais devem atender requisitos mínimos com relação aos aspectos quantitativos e qualitativos (TSUTIYA, 2004).

Para que a água possa estar apta ao consumo humano (água potável), há critérios rigorosos de qualidade para evitar elementos nocivos à saúde (substâncias tóxicas e organismos patogênicos) e não possuir sabor, odor ou aparência desagradável, devendo atender aos padrões de potabilidade (TSUTIYA, 2004).

A Portaria de Consolidação nº 5 de 28 de setembro de 2017 (BRASIL, 2017), a qual revogou a Portaria do Ministério da Saúde 2.914/2011 (BRASIL, 2011), estabelece

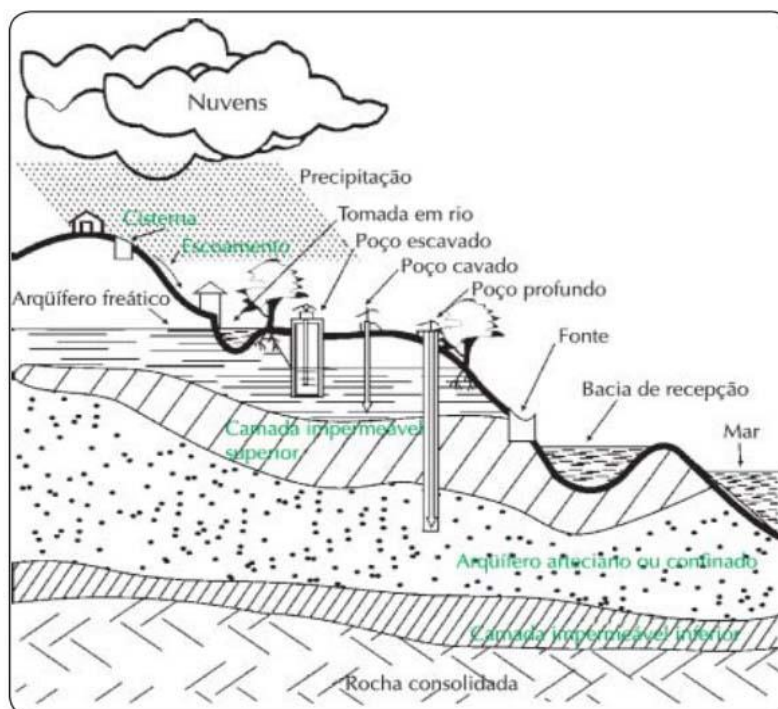
os procedimentos de controle e vigilância da qualidade da água para o consumo humano e ressalta a necessidade de manter avaliação sistemática do sistema de abastecimento, sob a perspectiva dos riscos à saúde, recomendando a implementação de metodologias propostas pela OMS.

A mesma portaria (BRASIL, 2017) diferencia sistema de abastecimento de água para consumo humano (composto por rede de distribuição) de soluções alternativas coletivas ou individuais de abastecimento de água para consumo humano.

As soluções alternativas de abastecimento de água para consumo humano são todas as modalidades de abastecimento de água distintas do Sistema de Abastecimento de Água (SAA). O SAA é de responsabilidade do poder público e a distribuição da água é realizada, obrigatoriamente, por meio de redes. Na solução alternativa de abastecimento não há obrigatoriedade de distribuição por rede (HELLER; PADUA, 2010).

Com relação à captação de água, ela pode ser realizada pelas seguintes formas (BRASIL, 2015b): superfície de coleta (água de chuva); caixa de tomada (nascente de encosta); galeria filtrante (fundo de vales); poço escavado e cavado (lençol freático); poço tubular profundo (lençol subterrâneo); tomada direta de rios, lagos e açudes (mananciais de superfícies), como se observa na Figura 1.

**Figura 1.** Formas de captação de água



Fonte: Brasil (2015b)

Formas alternativas de captação de água possuem características distintas de soluções contidas no SAA convencional, não ocorrendo distribuição por meio de rede. Em comunidades rurais, a gestão de risco em etapas e elementos específicos do Sistema e Soluções Alternativas de Abastecimento de Água (SSAAA) é essencial para garantir água segura para o consumo humano, conforme preconizado pela portaria nacional.

### **3.3 Plano de Segurança da Água**

#### **3.3.1 Conceituação**

Na gestão da qualidade da água, tradicionalmente, adota-se abordagem corretiva. Porém, a forma mais eficaz de garantir a segurança do abastecimento da água potável é por meio de abordagem preventiva (MARTINHO; MENDES, 2015).

O PSA é um método de monitoramento preventivo da qualidade hídrica que foi desenvolvido com o intuito de organizar e sistematizar o histórico de práticas de gestão aplicadas à água potável e garantir a aplicabilidade dessas práticas ao gerenciamento da qualidade da água potável (WHO, 2017).

Entre os principais objetivos do PSA, a fim de garantir boas práticas de abastecimento de água, podem-se destacar (WHO, 2017): a prevenção ou minimização da contaminação das águas de origem; a redução ou remoção de contaminação por processos de tratamento e; prevenção de contaminação durante o armazenamento, distribuição e manuseio de água potável. Tais objetivos e suas diretrizes são aplicáveis em sistemas de água potável canalizados em metrópoles, pequenas comunidades e em sistemas de água potável não canalizados de comunidades e habitações individuais.

As etapas para o desenvolvimento do PSA podem ser resumidas em procedimentos que incluem a avaliação do sistema, o monitoramento operacional e os planos de gestão WHO (2011) citado por Brasil (2012).

A *avaliação do sistema* consiste na análise e verificação de riscos, desde a fonte até a torneira do consumidor final. O *monitoramento operacional* está relacionado com a identificação e monitoramento dos pontos críticos de controle, a fim de reduzir os riscos identificados. Os *planos de gestão* têm por finalidade atuar no controle do sistema de abastecimento, especialmente quando pode ocorrer perda de controle no sistema (VIEIRA; MORAIS, 2005).

As características do local de captação de água ou do aquífero e os cenários que têm potencial de levar à poluição da água devem ser identificados e gerenciados (WHO, 2017).

Há exemplos de implantação do PSA em cidades brasileiras como procedimento no controle da qualidade da água. Uma delas é a cidade de Campinas, por meio da Sociedade de Abastecimento de Água e Saneamento S/A (SANASA), que instituiu o programa para implantação do PSA no ano de 2011 (SANASA, 2014). A metodologia utilizada pela SANASA aborda o Índice de Qualidade da Água (IQA) nos mananciais de captação da companhia (ISENBURG; CANTUSIO NETO, 2017).

Outros casos de estudos com PSA foram identificados no país, tais como Viçosa-MG (2006), São Paulo (2009), Torto-Santa Maria (2012), Distrito Federal (2012), Luzerna, Joaçaba e Herval D'Oeste, Santa Catarina (2012-2013), além de Caratinga-Resplendor, Nanuque, Visconde do Rio Branco, Ipuiuna, São Gotardo, Perdígão, Belo Horizonte e Região Metropolitana e Montes Claros em Minas Gerais (2014), Bento Gonçalves, Rio Grande do Sul, e Itaipava, Rio de Janeiro (VENTURA *et al.*, 2019).

Apesar de algumas cidades brasileiras terem desenvolvido estudos relacionados com o PSA, a implementação do instrumento é algo novo no Brasil e merece mais atenção dos gestores de recursos hídricos.

### **3.3.2 Gerenciamento de riscos**

O PSA representa evolução do conceito de pesquisas sanitárias e avaliações de vulnerabilidade os quais incluem e englobam todo o SAA e sua operação. O plano segue os princípios de outras abordagens de gestão de risco, como por exemplo Avaliação de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC), comumente utilizado na indústria de alimentos (WHO, 2017).

O gerenciamento de risco requer a identificação de todos os possíveis perigos e eventos perigosos e uma avaliação de risco apresentada por cada um deles (BEUKEN *et al.*, 2008; WHO, 2005b; WHO, 2017). De acordo com ABNT NBR ISO 31000:2018 – Gestão de Riscos o “risco é normalmente expresso em termos de fontes de risco, eventos potenciais, suas consequências e suas probabilidades” (ABNT, 2018, p.17). Risco é a probabilidade de perigos identificados causarem danos, incluindo a magnitude e as consequências desse dano (WHO, 2017).

Perigo é uma fonte de dano potencial (AS/NZS, 2004) que pode ocorrer ou ser introduzido em todo sistema de água (desde a captação até o consumidor) e pode ser definido como um agente físico, químico, biológico ou radiológico causador de algum risco à saúde pública (RASHON, 2009; WHO, 2017; WHO, 2005a; WHO, 2016).

Por sua vez, os eventos perigosos (ou fonte de perigo) são incidentes ou situações que podem levar à presença de um perigo no sistema de abastecimento de água (RASHON, 2009; WHO, 2017; WHO, 2005a, WHO, 2016). Um evento pode ser certo ou incerto (AS/NZS, 2004); algo que é esperado, mas não ocorre, ou pode ser algo que não é esperado, mas ocorre (ABNT, 2018).

Beuken *et al.* (2008) elaboraram um banco de dados básico de riscos potenciais para servir de referência. Para a elaboração desse banco de dados, os eventos perigosos são identificados em um quadro por subsistema, o qual é subdividido por componentes (Quadro 1), seguindo a abordagem apresentada para PSA.

**Quadro 1.** Subsistema e componentes do Abastecimento de Água

<b>Subsistema</b>	<b>Componentes</b>
1. Captação de água superficial	1.1 Área de captação 1.2 Sistema de monitoramento
2. Captação de água subterrânea	1.3 Área de captação 1.4 Sistema de monitoramento
3. Ingestão de água superficial e transporte	1.5 Ingestão de água superficial 1.6 Transporte de água de superfície 1.7 Sistema de monitoramento
4. Infiltração de águas superficiais	1.8 Poço de infiltração ou arredores 1.9 Área de captação 1.10 Sistema de monitoramento
5. Águas subterrâneas e infiltração, captação de água e transporte	1.11 Instalação de captação de água 1.12 Transporte de água subterrânea 1.13 Sistema de monitoramento
6. Tratamento	1.14 Tratamento, riscos genéricos 1.15 Produtos químicos usados para tratamento e desinfecção 1.16 Remoção de sólidos/telas 1.17 Coagulação/floculação 1.18 Filtração rápida 1.19 Desinfecção a) Cloração b) Desinfecção por UV c) Desinfecção por ozônio 1.20 Filtração por membrana 1.21 Filtração lenta de areia 1.22 Filtração de carvão ativado
7. Reservatórios e bombas (diretamente após o tratamento ou no sistema de distribuição)	1.23 Reservatório de água clara 1.24 Estação de bombeamento 1.25 Válvulas (tanto em reservatórios quanto em estações de bombeamento)
8. Transporte e distribuição (até o hidrômetro)	1.26 Rede 1.27 Medidor de água e válvulas sem retorno
9. Tubulação interna	1.28 Instalação de água potável
10. Consumidor e torneiras (incluindo torneiras comunitárias)	1.29 Coleta de água 1.30 Armazenamento e transporte de água
11. Organização	1.31 Organização
12. Perigos futuros (relacionados com todo sistema de água potável)	1.32 Fonte de água 1.33 Tratamento 1.34 Distribuição 1.35 Consumidores

Fonte: Beuken *et al.* (2008)

Após identificados os eventos perigosos e os perigos, deve-se realizar análise em função do seu grau de risco, podendo essa análise ser realizada mediante caracterização e priorização de riscos utilizando-se a matriz de priorização de risco.

A análise de riscos para segurança da água e os métodos que os avaliam são recentes e pouco conhecidos (VENTURA *et al.*, 2019). Os autores destacam os benefícios e desafios do PSA para gestão dos recursos hídricos como ilustrado no Quadro 2. Assim, observa-se que há necessidade de investimentos e divulgação desta ferramenta para que ela se torne útil e possa ser empregada, tanto no meio rural ou urbano.

**Quadro 2.** Benefícios e desafios do Plano de Segurança da Água

<b>Benefícios</b>	<b>Desafios</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Formação de grupo de profissionais com expertise no assunto para auxiliar municípios com o mesmo propósito;</li> <li>✓ inspiração a outros gestores em busca de experiências promissoras;</li> <li>✓ otimização de esforços e recursos para atingir resultados eficazes;</li> <li>✓ melhoria das práticas de gestão no sistema de abastecimento de água;</li> <li>✓ ampliação do conhecimento da cadeia produtora de água pela identificação de pontos vulneráveis no sistema de abastecimento;</li> <li>✓ estabelecimento de parceria entre entidades;</li> <li>✓ melhoria da capacitação técnica com apoio de especialistas e de experiências bem-sucedidas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Estabelecimento de modelo de PSA de forma articulada entre os setores e os órgãos de gestão hídrica;</li> <li>✓ universalização do PSA como ferramenta útil e contínua em todo o território nacional;</li> <li>✓ aplicação da ferramenta em soluções alternativas de abastecimento de água com o envolvimento da sociedade local;</li> <li>✓ investimentos no controle e no monitoramento de forma preventiva;</li> <li>✓ envolvimento de profissionais da alta administração na tomada de decisões para efetividade do plano;</li> <li>✓ ausência de estudos dessa natureza no meio rural, tanto nos aspectos metodológicos quanto para implantação do plano à gestão hídrica.</li> </ul>

Fonte: Ventura *et al.* (2019).

Ventura *et al.* (2019) apontaram que, entre as dificuldades para estruturação de sistema de monitoramento associado ao PSA, estão:

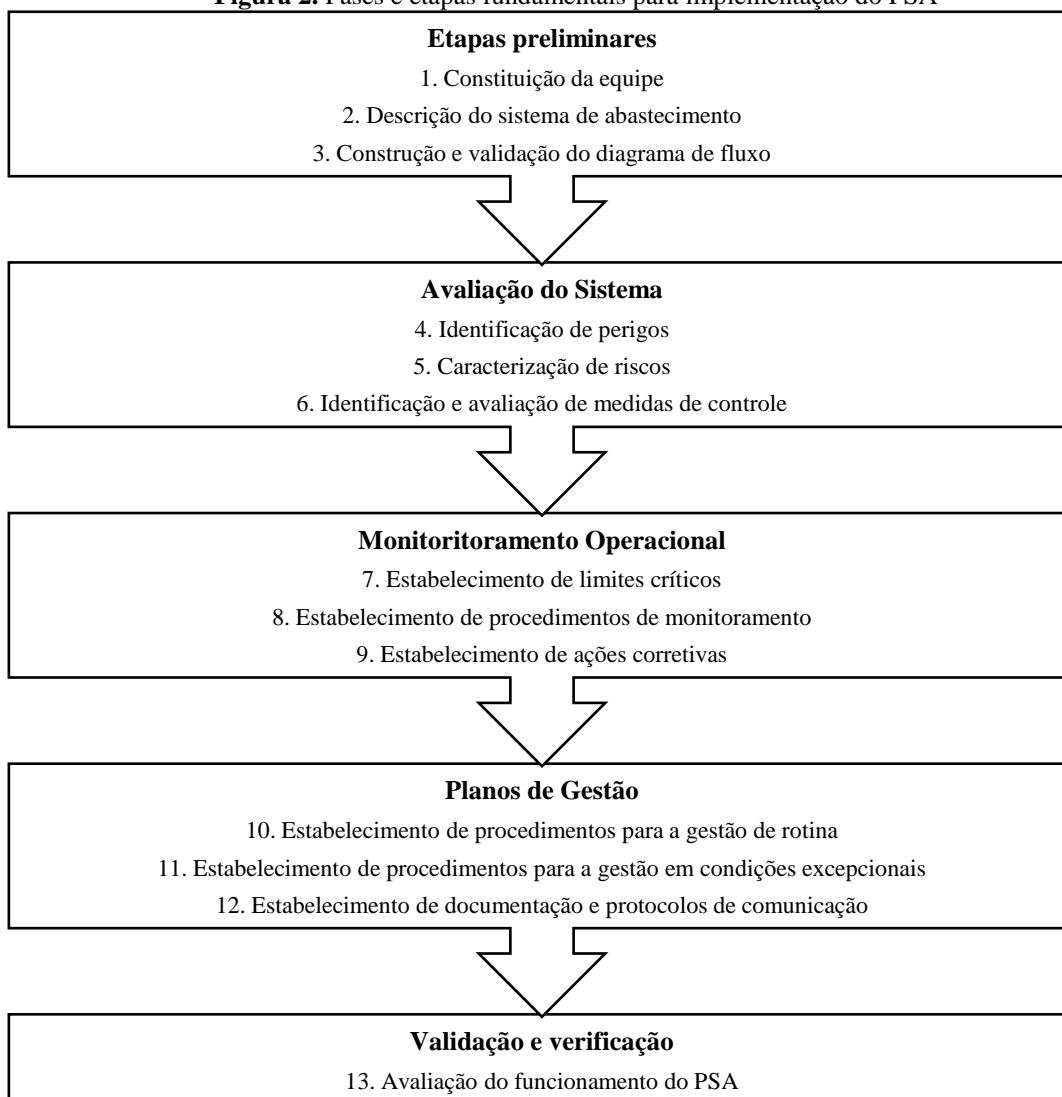
- ✓ a adoção do número adequado de variáveis no modelo de monitoramento do plano;
- ✓ a necessidade de apoio de especialistas em determinadas áreas do abastecimento de água;
- ✓ a priorização de recursos e de ações preventivas;
- ✓ a participação da alta administração nas decisões gerenciais e operacionais.

O estabelecimento prévio de um banco de dados com eventos perigosos atenua dificuldades no processo de identificação de risco para elaboração do plano. A formação de uma equipe multidisciplinar é desejável para que o processo de identificação de risco seja mais eficaz.

### 3.3.3 Fases do PSA

As diretrizes indicadas para desenvolvimento PSA são compostas por 5 fases básicas (BRASIL, 2012; VIEIRA; MORAIS, 2005): (i) etapas preliminares; (ii) avaliação do sistema; (iii) monitoramento operacional; (iv) planos de gestão; (v) validação e verificação. As fases são compreendidas por 13 etapas fundamentais, as quais são apresentadas na Figura 2.

**Figura 2.** Fases e etapas fundamentais para implementação do PSA



Fonte: Vieira e Morais (2005).

Os planos podem ser muito simples com foco no controle dos principais riscos identificados para o sistema de abastecimento de água potável. Para sistemas menores, é possível desenvolver planos genéricos com orientações sobre armazenamento, manuseio e uso de água no consumo doméstico (WHO, 2017).

A OMS elaborou um guia de campo (WHO, 2014) com objetivo de apoiar a implementação do PSA em pequenas comunidades e melhorar a segurança da água potável dessas localidades. O guia também foi utilizado em um trabalho com PSA em comunidades rurais na África, sofrendo algumas alterações para sua implantação (RONDI, 2014).

O PSA é composto por diversas etapas, as quais podem tornar sua implementação complexa e desafiadora em algumas situações. Entretanto, a elaboração do plano pode ser adaptada conforme necessidades locais.

### **3.4 Validação de instrumentos**

Pesquisas na literatura junto às bases de dados nacionais e internacionais são comumente utilizadas como principal recurso nas pesquisas de desenvolvimento de instrumentos (COLUCI *et al.*, 2015). Entretanto, muitos novos instrumentos não têm sido validados de maneira adequada (SOUZA *et al.*, 2017).

Para assegurar a qualidade de instrumentos adaptados, de acordo com normas internacionais, existem algumas etapas fundamentais (ALEXANDRE; COLUCI, 2011; COLUCI *et al.*, 2015): (i) estabelecimento da estrutura conceitual; (ii) definição dos objetivos do instrumento e da população envolvida; (iii) construção dos itens e das escalas de resposta; (iv) seleção e organização dos itens; (v) estruturação do instrumento; (vi) validade de conteúdo; (vii) pré-teste.

A seleção de especialistas deve ocorrer por meio de alguns critérios básicos, tais como experiência, pesquisas e publicações sobre o tema, conhecimento metodológico na construção de questionários e escalas. Recomenda-se a participação de no mínimo cinco (5) e um máximo de dez (10) pessoas. Entretanto alguns autores sugerem a participação de mais. Devem ser informadas instruções específicas sobre critérios e procedimentos de avaliação (ALEXANDRE; COLUCI, 2011; COLUCI *et al.*, 2015).

A seleção dos especialistas pode ser feita com amostra intencional por meio da Plataforma Lattes do Conselho de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), realizando busca avançada por assunto, considerando alguns critérios pré-estabelecidos (REWORÊDO *et al.*, 2016 e VITURI; LAURA, 2009).

Com objetivo de verificar se todos os itens são compreensíveis para a população alvo, realiza-se o pré-teste ou estudo-piloto com aplicação do instrumento (COLUCI *et al.*, 2015; VITURI; LAURA, 2009).



Deste modo, a validade é considerada um fator crucial na escolha e/ou aplicação de instrumentos (VITURI; LAURA, 2009). Embora a validação seja uma etapa fundamental na construção de novos instrumentos, esta apresenta algumas limitações quanto à subjetividade envolvida no processo (PEDREIRA *et al.*, 2016).

## 4. MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho consistiu na fundamentação teórica e levantamento de dados sobre a aspectos do saneamento rural e diretrizes para o PSA. Para isto, adotou-se técnica de documentação indireta, ou seja, o levantamento de dados foi realizado por meio de pesquisa documental (fontes primárias) e pesquisa bibliográfica (fontes secundárias).

A pesquisa documental caracteriza-se pela coleta de dados em documentos em geral (arquivos públicos; publicações parlamentares e administrativas; registros estatísticos; relatórios internos, entre outros). Por sua vez, a pesquisa bibliográfica, ou de fontes secundárias, engloba bibliografias tornadas públicas, desde jornais, revistas, livros, teses e outras publicações científicas e até meios de comunicação oral e audiovisual (LAKATOS; MARCONI, 2003).

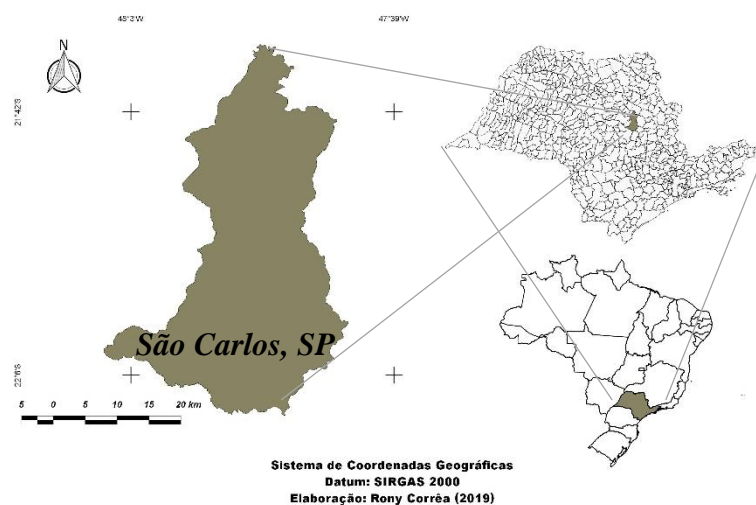
### 4.1 Áreas de estudo

#### 4.1.1 Acampamento Capão da Antas, São Carlos, SP

O local foi selecionado por conter características do SSAAA necessárias para execução do software. Esse estudo preliminar objetivou calibrar e verificar possíveis ajustes no modelo de avaliação e software, analisando os riscos potenciais de contaminação da água no local.

O Acampamento Capão das Antas está localizado no município de São Carlos, SP (Figura 3). Trata-se de uma comunidade rural em um acampamento de agricultores sem-terra.

**Figura 3.** Mapa de localização de São Carlos, SP, região sudeste do Brasil



Fonte: próprio autor (2020)

A ocupação das terras iniciou-se no ano de 2011, sendo criados dois grupos denominados ocupação 22 de Abril e ocupação 3 de Janeiro – datas referentes ao dia das ocupações. O local faz parte de área que foi destinada a uma empresa do município e, posteriormente, devolvida ao município pela mesma. Oito famílias iniciaram a ocupação e hoje este número ultrapassa 200 famílias (SÃO CARLOS, 2016).

#### 4.1.2 Assentamento Horto Bueno de Andrada em Araraquara, SP

Após estudo preliminar e calibração, realizou-se validação do software em uma comunidade rural de Araraquara, SP. O local de estudo também foi selecionado por características do SSAAA presentes no local e por viabilidade técnica e locacional.

O Assentamento Horto Bueno de Andrada está localizado no distrito de Bueno de Andrada (Figura 4), no município de Araraquara-SP.

**Figura 4.** Área do assentamento Horto Bueno de Andrada

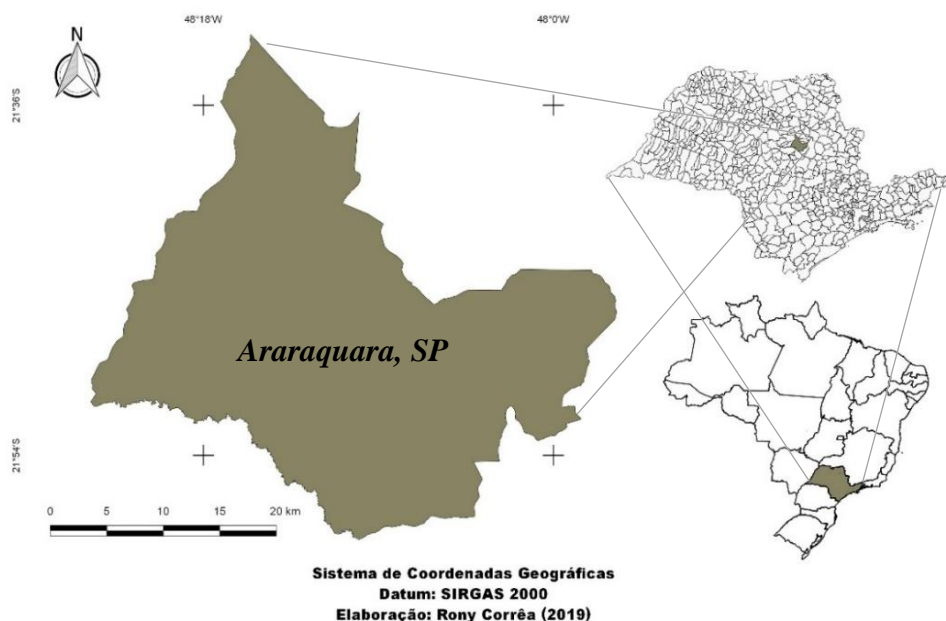


Elaborado pelo autor (2020).

Fonte: SICAR (2018); Imagem *Digital Globe* (Google Earth, 2018)

O município de Araraquara está localizado na região administrativa central do estado de São Paulo (Figura 5), distante cerca de 300km da capital do estado. Tem população estimada de 224.389 habitantes (SEADE, 2016).

**Figura 5.** Mapa de localização de Araraquara, SP, região sudeste do Brasil



Fonte: próprio autor (2020)

O sistema de abastecimento de água no município é realizado por meio de captação de água superficial e subterrânea, através de duas Estações de Tratamento de Água (ETA), 46 reservatórios e 25 poços que captam água do aquífero Guarani, incluindo o distrito de Bueno de Andrada e assentamentos Bela Vista e Monte Alegre (ARARAQUARA, 2014 e DAAE, 2019). A captação de água subterrânea representa cerca de 55% do volume total captado (ARARAQUARA, 2014).

A coleta dos resíduos sólidos recicláveis do município é realizada por meio de coleta seletiva com frequência mínima de 1 vez por semana e há implantação de PEV (Pontos de Entrega Voluntária) em locais com densidade baixa. Além disso, o município dispõe de oito pontos de entrega de entulhos e volumosos (DAAE, 2019).

A coleta dos resíduos domiciliares é realizada por coleta regular em 100% da área urbana e 30% da zona rural. Há disposição de contêineres em pontos estratégicos – alguns assentamentos rurais e alguns bairros afastados (ARARAQUARA, 2014).

O sistema de esgotamento sanitário atende praticamente 100% da população urbana, havendo poucas áreas não atendidas tais como alguns loteamentos incipientes e assentamentos (ARARAQUARA, 2014).

A área do Assentamento Horto Bueno de Andrada foi estabelecida em terras públicas do Estado de São Paulo, por isso a responsabilidade jurídica do assentamento é da Fundação Instituto de Terras do Estado de São Paulo (ITESP). A área está dividida em

31 lotes e contém aproximadamente 160 pessoas (ITESP, 2018), em uma área total de 539 hectares (SICAR, 2018).

O processo de ocupação da área ocorreu em meados do ano de 1985 por trabalhadores rurais do setor canavieiro – principalmente famílias vindas do norte do país.

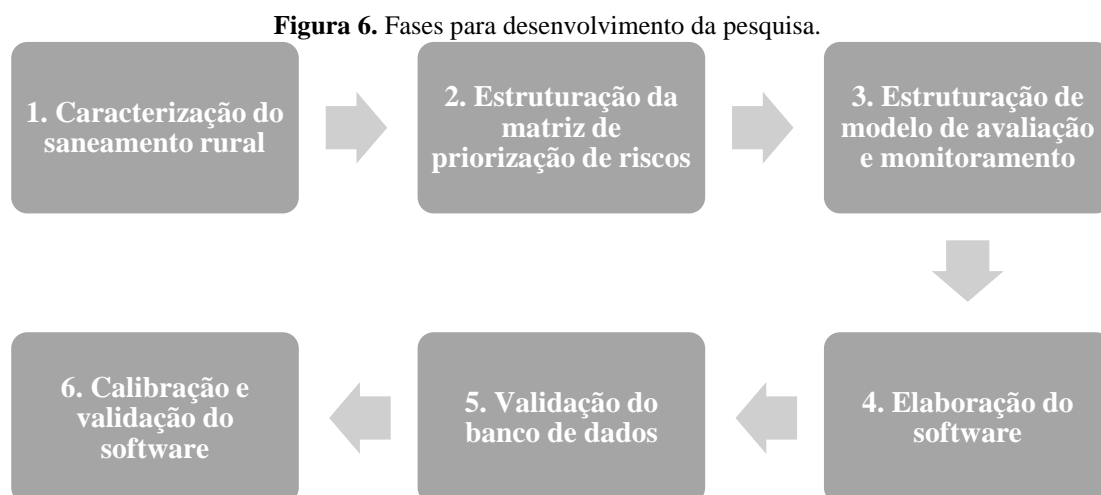
O assentamento possui casas construídas em alvenaria, cujo financiamento foi obtido com recursos de fundo perdido. O sistema de captação de água nos lotes é realizado principalmente por poços tubulares (semiartesiano), e o sistema de esgotamento sanitário é realizado por meio de “fossa negra”. A exploração econômica no assentamento acontece basicamente através da horticultura e criação de animais de pequeno porte (ITESP, 2018).

Para aplicação do software, foram seguidas as diretrizes do PSA referentes às duas primeiras etapas do plano. Sendo assim, o software desenvolvido na presente pesquisa tem como objetivo subsidiar o PSA nas fases iniciais: etapas preliminares e avaliação do sistema.

As visitas a campo nas áreas foram realizadas com agendamento, previamente autorizadas pela Fundação ITESP e agricultores assentados.

## 4.2 Fases da pesquisa

O levantamento bibliográfico inicial adota como base a fundamentação preconizada pelas diretrizes da OMS, relacionadas ao PSA (BRASIL, 2012; WHO, 2017). No entanto, outros aspectos relacionados ao saneamento em comunidades rurais estão presentes neste estudo, como se observa nos itens a seguir. As fases estabelecidas para a pesquisa são apresentadas na Figura 6.



#### 4.2.1 Caracterização do saneamento para as propriedades rurais estudadas (fase 1)

Esta fase consiste no levantamento bibliográfico dos temas relacionados ao saneamento em comunidades rurais. A finalidade é obter embasamento técnico para compreender o assunto e organizar as informações levantadas referentes ao saneamento rural.

Realizou-se revisão do SSAAA para comunidades rurais, examinando características e riscos relacionados à captação e ao esgotamento sanitário, além de aspectos do saneamento no Brasil.

Foram utilizadas literaturas específicas (comunidades rurais, assentamentos, uso e ocupação do solo, leis específicas, técnicas e procedimentos gerais, etc.), documentação de órgãos públicos e informações gerais obtidas com partes interessadas e especialistas.

Entre literaturas mais expressivas da presente pesquisa, podem ser citadas Brasil (2015b); Brasil (2012); Rashon (2009); WHO (2014); WHO (2017); entre outras.

#### 4.2.2 Estruturação de matriz de priorização de riscos (fase 2)

O objetivo desta fase foi estruturar uma matriz de priorização de riscos que pudesse ser utilizada no modelo de avaliação e monitoramento utilizado no software.

Para estruturação da matriz foram consultadas matrizes apresentadas pelo Ministério da Saúde do Brasil e OMS (BRASIL, 2012; WHO, 2017). A matriz de priorização de riscos é uma ferramenta originária das normas *Standards Australia* e *Standards New Zealand* (AS/NZS, 2004).

#### 4.2.3 Estruturação de modelo de avaliação e monitoramento (fase 3)

Após a caracterização do abastecimento de água, elaborou-se o modelo de SSAAA com os elementos a serem analisados para a gestão de risco. Em seguida, realizou-se a identificação de ameaças potenciais que podem gerar riscos à segurança da água em comunidades rurais. Os dados foram codificados, isto é, foram transformados em variáveis e agregados para comporem um banco de dados, conforme exemplo do Quadro 3.

**Quadro 3.** Exemplo de quadro para agrupamento de informações de ameaças potenciais

Ref.	Etapa	Componente	Elemento	Evento perigoso	Perigo	Medidas de Controle
C1.1.1	Captação	Captação de água superficial	Manancial superficial	Solo exposto	físico	Realizar recuperação da área de preservação permanente (APP)

Fonte: Elaborado pelo autor (2020) adaptado de WHO (2014); Beuken *et al.* (2008) e WHO (2017).

De acordo com Beuken *et al.* (2008) o aspecto mais importante para a criação de um banco de dados de identificação de perigos é o nível de detalhe requerido, devendo ser ao mesmo tempo genérico, para facilitar o uso, e ser completo para fornecer informações suficientes.

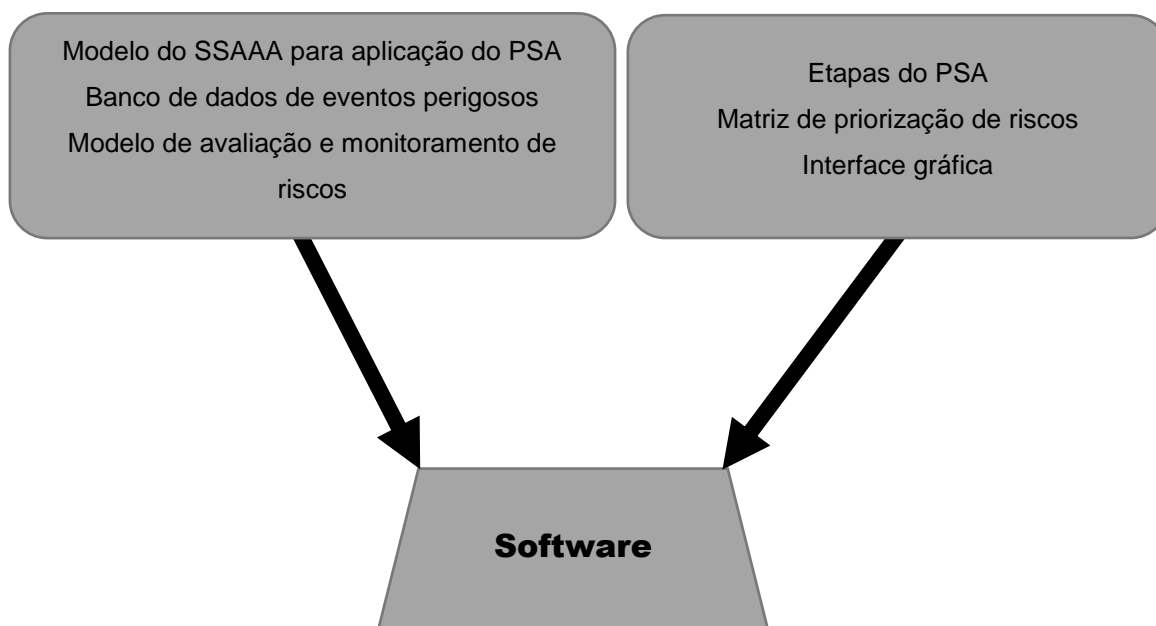
Adotou-se o termo banco de dados como sendo o conjunto de eventos considerados para elaboração do modelo de monitoramento das fontes de poluição e contaminação da água em comunidades rurais. Pesquisas futuras poderão inserir novos eventos e adaptações a este.

O produto desta fase é um modelo para avaliação e monitoramento de elementos do SSAAA em comunidades rurais para o PSA, composto pelo modelo com elementos a serem analisados e banco de dados de eventos perigosos.

#### 4.2.4 Elaboração de software para o PSA (fase 4)

Esta fase representa a estruturação do software desenvolvido, composto pelo modelo de avaliação e monitoramento de riscos, e diretrizes do PSA. Após estruturação do modelo de avaliação e monitoramento de riscos, na fase anterior, iniciou-se a elaboração do software, conforme esquema apresentado na Figura 7.

**Figura 7.** Ilustração do conteúdo do software desenvolvido



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

O programa foi elaborado por meio dos softwares livres *Pycharm*<sup>®</sup> e *Python*<sup>®</sup> 3.6. O *Pycharm*<sup>®</sup> é um ambiente de desenvolvimento integrado utilizado para a linguagem *Python*<sup>®</sup>.

O produto desta fase é o software elaborado, composto pelo modelo de avaliação e diretrizes do PSA.

#### **4.2.5 Validação do banco de dados (fase 5)**

A validade do banco de dados foi realizada pela análise de especialistas, por meio de questionamentos em planilha eletrônica enviada por e-mail.

A presente pesquisa, com as variáveis agrupadas em banco de dados, foi submetida ao Comitê de Ética em Pesquisas (CEP) da Universidade Federal de São Carlos, SP (UFSCar) para entrevistas de especialistas e validação do banco de dados.

A aprovação da presente pesquisa pelo CEP foi realizada em junho de 2019, sob Certificado de Apresentação para Apreciação Ética (CAAE) número 14914919.9.0000.5504 (ANEXOS A e B). Foi estabelecida a participação de um mínimo de oito (08) especialistas. Os documentos submetidos ao CEP e aos especialistas estão no Apêndice C.

Foram selecionados catorze (14) especialistas para validação dos itens, os quais foram divididos em quatro (4) grupos. Cada grupo foi composto por pelo menos dois (2) especialistas.

A seleção dos especialistas seguiu alguns critérios básicos, tais como: profissional que desempenha trabalhos técnicos em saneamento, pesquisador ou funcionário de empresa de saneamento com experiência em PSA e ter publicado trabalhos ou ministrado palestras sobre o tema.

Os especialistas foram selecionados por meio de amostra intencional na Plataforma Lattes do Conselho de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), com busca avançada por assunto, de acordo com os critérios pré-estabelecidos. Também foram realizadas buscas de pesquisadores e funcionários de instituições públicas e privadas que atuam na área de saneamento (universidades públicas e privadas, FUNASA, EMBRAPA e empresas de saneamento).

O Quadro 4 resume os conteúdos observados por grupo de especialistas.



**Quadro 4.** Aspectos avaliados por grupos de especialistas.

<b>Especialistas</b>	<b>Aspectos do conteúdo a ser avaliado</b>
<b>Grupo 1</b>	Conjunto de variáveis para “Captação de Água Superficial”. Avaliar de forma individual as variáveis elencadas para o elemento: ✓ Água superficial: rios, nascente; lagos.
<b>Grupo 2</b>	Conjunto de variáveis para “Captação de Água Subterrânea”. Avaliar de forma individual as variáveis elencadas para os elementos: ✓ Poço escavado (poço caipira). ✓ Poço tubular semiartesiano. ✓ Poço tubular artesiano.
<b>Grupo 3</b>	Conjunto de variáveis para “Armazenamento de Água bruta” e “Processo de Tratamento”. Avaliar de forma individual as variáveis elencadas para os elementos: ✓ Reservatório de água bruta. ✓ Reservatório de água de chuva: cisterna. ✓ Tratamento químico/físico. ✓ Reservatório de água tratada.
<b>Grupo 4</b>	Conjunto de variáveis para “Distribuição” e “Utilização de água bruta ou tratada”. Avaliar de forma individual as variáveis elencadas para os elementos: ✓ Operação e Distribuição canalizada. ✓ Caminhões pipa e outros. ✓ Coleta de água. ✓ Armazenamento e manuseio domésticos.

Fonte: próprio autor (2020)

A validação do instrumento foi realizada de acordo com a escala de *Likert* com pontuação de 1 - incompleto / insatisfatório; 3 - razoável / bom e, 5 - muito bom.

Desta forma, cada item avaliado (eventos perigosos) teve como resultado a média aritmética dos critérios e este valor foi adotado para compor a média dos especialistas. Os critérios para avaliação foram:

- ✓ Viabilidade: aplicação viável no contexto brasileiro
- ✓ Redação: linguagem e terminologia utilizadas
- ✓ Relevância: importância do item no contexto apresentado

As médias das respostas atribuídas pelos especialistas foram analisadas por meio de escala em três níveis (Quadro 5).

**Quadro 5.** Escala de respostas dos especialistas

<b>Escala de resposta (média)</b>		
<b>i</b>	Valores médios: 0 - 1,9	Item precisa de grande revisão e alteração
<b>ii</b>	Valores médios: 2 - 3,9	Item pode precisar de pequena alteração
<b>iii</b>	Valores médios: 4 - 5	Item não precisa ser modificado

Fonte: próprio autor (2020)

As variáveis para validação foram elencadas em documento desenvolvido no Excel<sup>®</sup>, distribuídas em 5 (cinco) planilhas distintas por grupos de especialistas, e enviado por e-mail a cada especialista (Apêndice A).

#### **4.2.6 Calibração e validação do software (fase 6)**

Esta fase foi composta por duas etapas: (i) calibração em uma comunidade rural em São Carlos, SP; (ii) validação do software em uma comunidade rural no município de Araraquara, SP.

Para auxiliar a avaliação em campo, foram elaboradas planilhas de campo com os aspectos a serem analisados e, posteriormente, serem processados no software.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

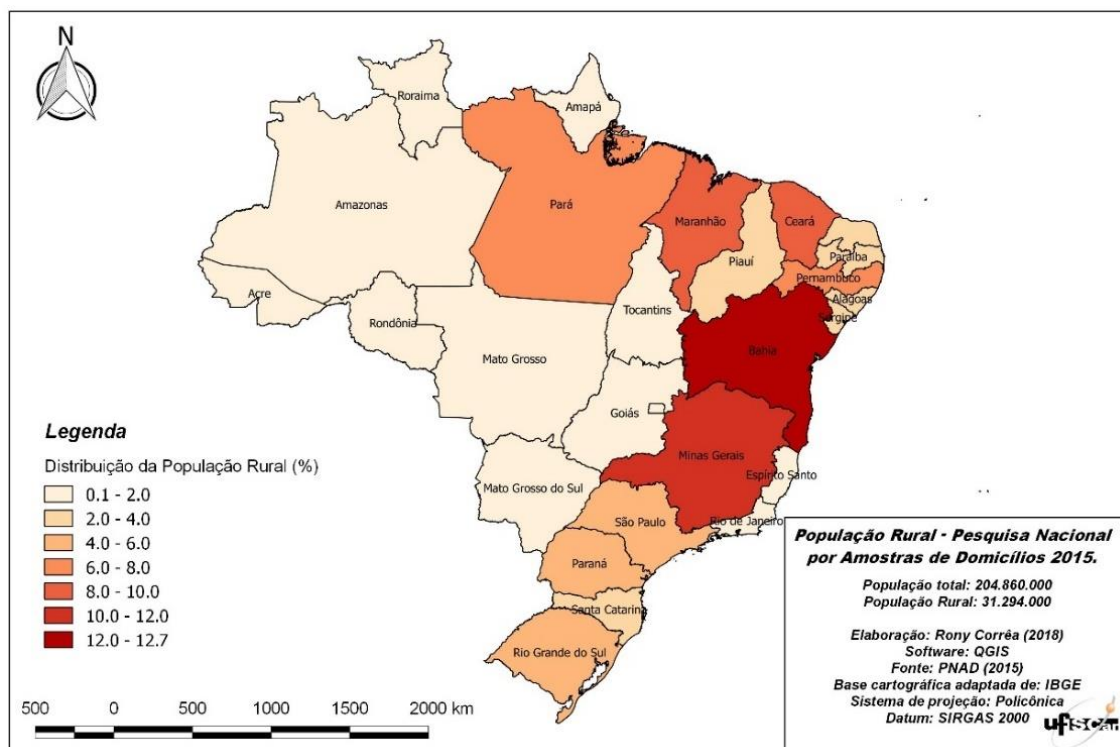
### 5.1 Características do saneamento rural (fase 1)

#### 5.1.1 Aspectos do saneamento no Brasil

De acordo com dados da PNAD (IBGE, 2015) cerca de 31 milhões de pessoas no Brasil vivem em áreas rurais, em 9.739 milhões de domicílios (14,3% do total).

Na Figura 8, pode-se observar a ilustração da distribuição da população rural por estados do Brasil.

**Figura 8.** Percentual populacional rural por estado brasileiro.



Fonte: elaborado pelo autor (2020)

De acordo com a distribuição apresentada no mapa, observa-se maior concentração de população em áreas rurais no estado da Bahia, seguido por Minas Gerais e outros estados na região norte e nordeste.

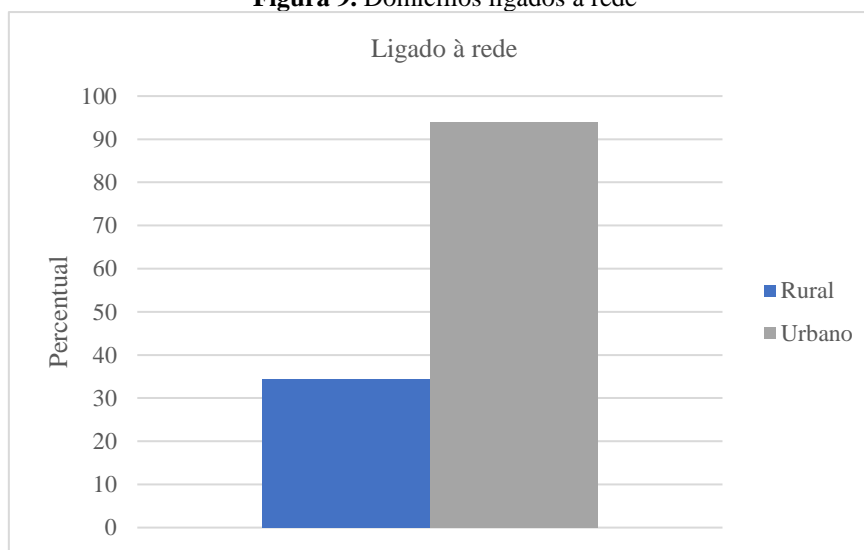
A Tabela 1 apresenta os dados gerais para saneamento levantados pela PNAD (IBGE, 2015).

**Tabela 1.** Síntese de informações da PNAD (IBGE, 2015) sobre o saneamento no Brasil

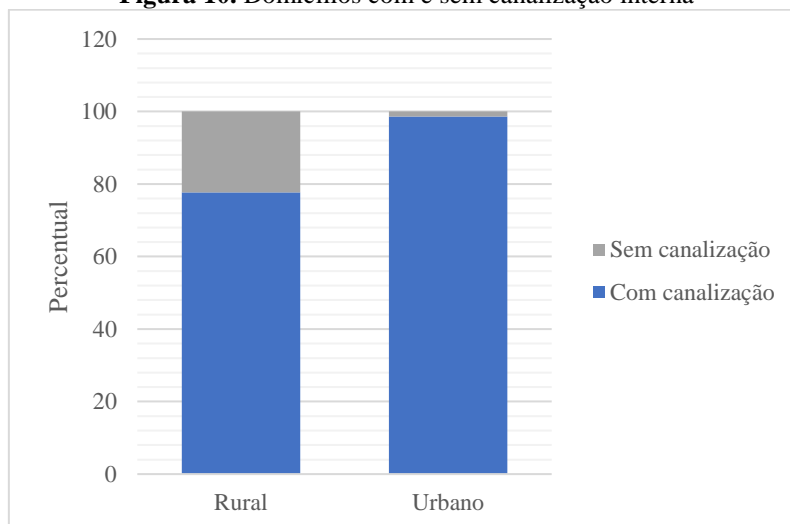
Situação e característica do domicílio		Domicílios particulares permanentes			
		Urbano	%	Rural	%
		<b>58.298.000</b>	<b>85,7</b>	<b>9.739.000</b>	<b>14,3</b>
Abastecimento de água	Com canalização interna	57.506.000	98,6	7.565.000	77,7
	Sem Canalização interna	791.000	1,4	2.175.000	22,3
	Ligado à rede	54.762.000	93,9	3.363.000	34,5
Esgotamento Sanitário	Rede coletora	39.671.000	68,1	530.000	5,44
	Fossa séptica ligada à rede coletora	3.815.000	6,5	439.000	4,5
	Fossa séptica não ligada à rede coletora	7.604.000	13	2.802.000	28,8
	Fossa rudimentar	5.713.000	9,9	4.260.000	43,7
	Não tinham	319.000	0,5	996.000	10,2
	Sem banheiro ou sanitário	319.000	0,5	996.000	10,2
Resíduos Sólidos	Coletado diretamente	54.113.000	92,8	2.657.000	27,3
	Coletado indiretamente	3.559.000	6,1	785.000	8
	Outro	626.000	1,1	6.297.000	64,7
<b>TOTAL</b>			<b>68.037.000</b>		<b>100</b>

Fonte: IBGE (2015), adaptado pelo autor (2020)

Conforme pode ser observado nas Figuras 9 e 10 e Tabela 1, cerca de 70% dos domicílios rurais não estão ligados à rede de distribuição de água e mais de 20% não possuem canalização na parte interna de suas residências. Os domicílios urbanos estão ligados à rede em aproximadamente 94% dos casos, e 98,6 % possuem canalização interna. É possível observar que pequena parcela dos domicílios rurais é abastecida por rede, indicando que a maior parte tem sua própria captação.

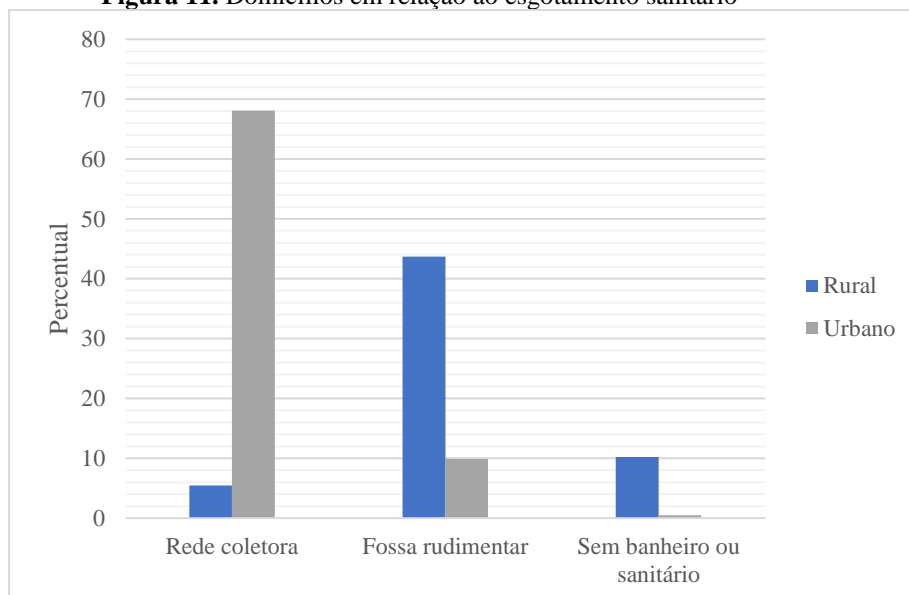
**Figura 9.** Domicílios ligados à rede

Fonte: Elaborado pelo autor (2020) adaptado de IBGE (2015)

**Figura 10.** Domicílios com e sem canalização interna

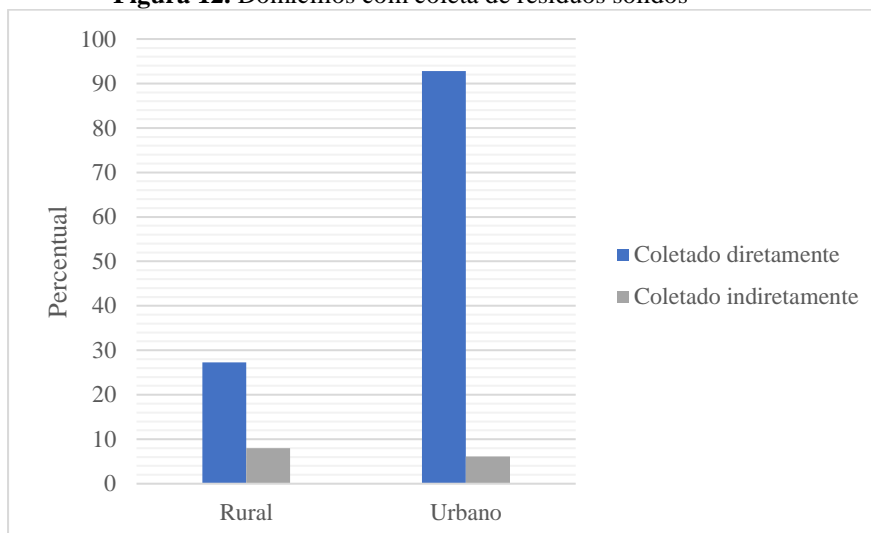
Fonte: Elaborado pelo autor (2020) adaptado de IBGE (2015)

De acordo com dados do esgotamento sanitário rural, apenas 5% dos domicílios rurais possuem rede coletora de esgoto, 43% possuem fossa rudimentar e 10% não possuem banheiro. Na área urbana, 68% dos domicílios possuem rede coletora, aproximadamente 10% utilizam fossa rudimentar e apenas 0,5% não possuem banheiro (Figura 11).

**Figura 11.** Domicílios em relação ao esgotamento sanitário

Fonte: Elaborado pelo autor (2020) adaptado de IBGE (2015)

Apenas 27,3% dos domicílios rurais possuem coleta direta, enquanto que nos domicílios urbanos 92,8% possuem coleta direta de resíduos sólidos (Figura 12).

**Figura 12.** Domicílios com coleta de resíduos sólidos

Fonte: Elaborado pelo autor (2020) adaptado de IBGE (2015)

### 5.1.2 Sistemas de captação e esgotamento sanitário em comunidades rurais

Comunidades rurais apresentam soluções alternativas para abastecimento de água e esgotamento sanitário, as quais devem ser compreendidas e analisadas considerando características de cada cenário.

O Quadro 6 apresenta características dos diferentes sistemas de captação com detalhes sobre cada um.

**Quadro 6.** Características dos sistemas de captação de água

Forma de captação	Descrição do componente
Água de chuva (cisterna)	A água da chuva pode ser captada por calhas dos telhados e ser armazenada em cisternas (tambor, cimento ou plástico), que são pequenos reservatórios individuais. Recomenda-se rejeitar as águas das primeiras chuvas, as quais lavam o telhado contendo diversos resíduos. A água armazenada necessita ser previamente fervida ou clorada, quando for utilizada para fins domésticos
Caixa de tomada (fonte de encosta)	Para armazenamento da água, recomenda-se que sejam construídas caixas de alvenaria com tampa (caixas de tomada), paredes impermeabilizadas e canais de afastamento de águas pluviais. Para evitar contaminação, recomenda-se construir cercas para dificultar aproximação de animais e, havendo áreas cultivadas, não poderá ser utilizado adubo animal (esterco) ou químico.
Galeria de infiltração (fundo de vale)	É realizado por meio de um sistema de drenagem superficial. Para a proteção do sistema adotam-se os mesmos requisitos da caixa de tomada e poços rasos.
Poço escavado (lençol freático):	Os poços rasos possuem geralmente 90 cm de diâmetro, profundidade entre 10 e 20 metros e podem obter de dois a três mil litros de água por dia. Instalados sempre em cota superior à de fontes contaminantes. Para evitar infiltração de águas superficiais, recomenda-se a construção de calçada de concreto com um metro de largura em volta do poço. Sobre o poço, deve haver uma caixa de concreto ou alvenaria, fazendo o prolongamento externo da parede de revestimento do poço (com altura entre 50 e 80 cm). A abertura do poço pode ser fechada com cobertura de concreto ou madeira, havendo abertura de inspeção com tampa de encaixe. Bomba hidráulica é recomendada para retirada da água, uma vez que a utilização de corda e baldes podem provocar contaminações.

(continua...)

(continuação)

**Quadro 6.** Características dos sistemas de captação

<i>Poço tubular profundo (lençol subterrâneo)</i>	A captação é realizada em aquífero localizado abaixo do lençol freático, denominado artesianos ou confinados, entre duas camadas impermeáveis e com pressão maior que a atmosférica. A profundidade varia de 60 a 300 metros (ou mais), e o diâmetro geralmente é de 150mm ou 200mm (conforme necessidade de vazão).
<i>Captação de águas superficiais</i>	As águas são captadas diretamente da superfície dos rios e açudes e lagos

Fonte: organizado pelo próprio autor com base em Brasil (2015b) e Brasil (2009)

Com relação ao esgotamento sanitário, o volume de efluente sanitário produzido por uma pessoa varia muito conforme características sociais, culturais e tecnológicas, tendo uma média de cerca de 150 litros por habitante diariamente em área urbana (BRASIL, 2009). Para área rural, esse valor depende de características de cada localidade.

Os esgotos domésticos possuem cerca de 99,9% de água e 0,1% de sólidos. A necessidade de tratamento do esgoto sanitário ocorre devido a esse percentual de 0,1% de sólidos, os quais podem causar poluição (BRASIL, 2015b).

O Quadro 7 apresenta alguns tipos de coleta e disposição de esgoto sanitário comumente encontradas em comunidades rurais, sendo que soluções de baixo custo e facilidade de construção, operação e manutenção (BRASIL, 2015b; BRASIL, 2009).

**Quadro 7.** Coleta e disposição de esgoto sanitário em pequenas comunidades

<b>Tipo de coleta e disposição</b>	<b>Descrição do componente</b>
<i>Fossa seca</i>	Escavação realizada no terreno, com um assento adaptado, onde os dejetos são depositados; a parte líquida infiltra-se no solo e a parte sólida permanece no interior da fossa. As fezes retidas no interior se decompõem ao longo do tempo por meio de digestão anaeróbia. Alguns cuidados para implantação e utilização da fossa devem ser tomados, tais como: desviar águas servidas e de chuva; estar em uma localização segura do lençol freático, de poços e fontes (cota inferior a estas); não utilizar água na fossa. A distância mínima de segurança é de 15 metros.
<i>Fossa estanque</i>	Condições semelhantes a fossa seca, porém com tanque destinado a receber dejetos. Esse tipo de fossa é utilizado em locais onde as condições do terreno limitam a utilização da outra fossa, exemplo: zona de lençol muito superficial; terrenos muito rochosos ou facilmente desmoronáveis; lotes pequenos, com risco de contaminação de poços.
<i>Fossa rudimentar ou fossa negra</i>	Escavação direta no solo que recebe esgoto, desprovida de revestimento impermeabilizante, o qual tem grande potencial de contaminação de águas subterrâneas.
<i>Tanque séptico</i>	São câmaras fechadas que têm a finalidade de deter os despejos domésticos, por um tempo determinado, permitindo a decantação dos sólidos e retenção do material graxo contido nos esgotos transformando-os bioquimicamente em substâncias e compostos mais simples e estáveis.

Fonte: organizado pelo próprio autor com base em Brasil (2015b) e Brasil (2009)

Esgotos oriundos de condições de pouca oferta de água (fontes distantes) é praticamente formado por fezes e urina, que normalmente podem ser lançados em fossas secas, estanque ou de fermentação (BRASIL, 2015b).

Há características distintas entre formas de captação de água e coleta e disposição de esgotos em comunidades rurais. Para elaboração do PSA, deve-se atentar a cada um desses elementos com relação à identificação de riscos de contaminação da água.

## 5.2 Matriz de priorização de riscos (fase 2)

Considerando matrizes de priorização de riscos apresentadas por Brasil (2012) e WHO (2017), o autor desta presente pesquisa desenvolveu matriz de priorização de risco (Quadro 8) com características específicas a fim de facilitar sua aplicação.

**Quadro 8.** Matriz de priorização de risco.

<i>Probabilidade de Ocorrência</i>	<i>Severidade da Consequência</i>				
	<i>Insignificante Peso 1</i>	<i>Baixa Peso 2</i>	<i>Moderada Peso 3</i>	<i>Grave Peso 4</i>	<i>Muito Grave Peso 5</i>
<i>Quase certo - Peso 5</i>	5 (baixo)	10 (alto)	15 (alto)	20 (muito alto)	25 (muito alto)
<i>Muito Frequente - Peso 4</i>	4 (baixo)	8 (médio)	12 (alto)	16 (muito alto)	20 (muito alto)
<i>Frequente - Peso 3</i>	3 (baixo)	6 (médio)	9 (médio)	12 (alto)	15 (alto)
<i>Pouco Frequente - Peso 2</i>	2 (baixo)	4 (baixo)	6 (médio)	8 (médio)	10 (alto)
<i>Raro - Peso 1</i>	1 (baixo)	2 (baixo)	3 (baixo)	4 (baixo)	5 (baixo)

<b>Score de Risco</b>	<6	6-9	10-15	>15
<b>Classificação de risco</b>	Baixo	médio	Alto	Muito Alto

### *Análise de risco:*

■ **Muito alto:** risco extremo e não tolerável; necessidade de ação imediata.

■ **Alto:** risco alto e não tolerável; necessidade de especial atenção.

■ **Médio:** risco moderado; necessidade de atenção.

■ **Baixo:** baixo risco e tolerável, controlável por meio de procedimentos de rotina.

Fonte: elaborado pelo autor (2020) adaptado de BRASIL (2012) e WHO (2017).

A matriz do Quadro 8 apresenta a escala com pesos de 1 a 5 para severidade e probabilidade. Este formato tem intuito de padronizar e facilitar a análise de riscos realizada pela equipe do PSA.

Para análise de priorização de riscos e atribuição de pesos, torna-se necessário examinar o grau de impacto do evento perigoso (severidade) e a frequência de sua ocorrência (probabilidade), conforme descrições apresentadas no Quadro 9.



**Quadro 9.** Probabilidade e severidade de riscos

<b>Severidade da Consequência</b>		
<i>Descritor</i>	<i>Descrição</i>	<i>Peso</i>
Insignificante	Sem impacto detectável	1
Baixa	Pequeno impacto sobre a qualidade organoléptica da água e/ou baixo risco à saúde, que pode ser minimizado em etapa seguinte do sistema de abastecimento.	2
Moderada	Elevado impacto estético e/ou com risco potencial à saúde, que pode ser minimizado em etapa seguinte do sistema de abastecimento.	3
Grave	Potencial impacto à saúde, que não pode ser minimizado em etapa seguinte do sistema de abastecimento.	4
Muito grave	Elevado risco potencial à saúde, que não pode ser minimizado em etapa seguinte do sistema de abastecimento.	5
<b>Probabilidade de Ocorrência</b>		
<i>Descritor</i>	<i>Descrição</i>	<i>Peso</i>
Raro	Uma vez a cada cinco anos	1
Improvável	Uma vez por ano	2
Moderadamente Provável	Uma vez por mês	3
Provável	Uma vez por semana	4
Quase certo	Uma vez por dia	5

Fonte: elaborado pelo autor (2020) adaptado de Brasil (2012) e WHO (2017).

Bartram *et al.* (2009) apresentaram exemplos em que muitas empresas, em suas avaliações de risco, acharam útil realizarem modificações e complementações adicionais às metodologias das matrizes sugeridas pelos guias básicos do PSA, facilitando assim a consistência da avaliação.

Bezerra (2018), em estudo de validação de métodos a serem utilizados em uma plataforma da internet com objetivo de implementar o PSA, conclui, consultando especialistas, que a matriz de priorização de risco prevista nas diretrizes do PSA é o método mais indicado para a implementação dos planos em sistema de abastecimento de água.

### **5.3 Modelo de avaliação e monitoramento (fase 3)**

Conforme procedimentos apresentados no item 4.1.3, estruturou-se um modelo de SSAAA (Quadro 10) com os elementos a serem analisados na avaliação de risco.

**Quadro 10.** Modelo de SSAAA para PSA em comunidades rurais

<b>Etapa</b>	<b>Componente</b>	<b>Elemento</b>
<b>Captação (C)</b>	Captação de água superficial	Manancial superficial: rio; nascente; lagos
	Captação de água subterrânea	Poço escavado (poço caipira)
		Poço tubular semiartesiano
		Poço tubular artesiano
	Armazenamento de água bruta	Reservatório de água bruta
Reservatório de água pluvial (cisterna)		
<b>Tratamento (T)</b>	Processo de tratamento	Tratamento físico-químico
	Armazenamento de água tratada	Reservatório de água tratada
<b>Distribuição (D)</b>	Distribuição canalizada	Operação e distribuição canalizada
	Veículo transportador	Caminhões pipa e outros
<b>Usuário (U)</b>	Utilização de água bruta ou tratada	Coleta de água
		Armazenamento e manuseio domésticos

Fonte: Elaborado pelo autor com base em Vieira e Morais (2005); Beuken *et.al.*(2008); WHO (2014); WHO (2017).

O Quadro 10 ilustra o SSAAA organizado a partir do levantamento bibliográfico e documental, para desenvolvimento do PSA. As letras (C, T, D e U) foram adotadas pelo autor para codificação das fontes de poluição/contaminação no respectivo item que os classifica (captação, tratamento, distribuição e usuário).

O modelo apresentado considera as principais hipóteses do SSAAA em comunidades rurais. Na avaliação do PSA é recomendado considerar apenas os elementos presentes no local de estudo.

A partir da estruturação do modelo de SSAAA em comunidades rurais para o PSA, identificaram-se os principais eventos perigosos potenciais. As variáveis organizadas pelo sistema de abastecimento - os eventos perigosos - foram organizadas em banco de dados (Apêndice B), para posteriormente serem inseridas no software.

O modelo de avaliação e monitoramento é composto pelo modelo do SSAAA e eventos perigosos estruturados no banco de dados para cada elemento.

#### **5.4 Software de auxílio ao PSA (fase 4)**

A partir do modelo elaborado na fase anterior, elaborou-se o software para auxiliar o desenvolvimento do PSA, o qual compreende o modelo de avaliação e diretrizes do PSA.

O software foi estruturado com as etapas iniciais para elaboração do PSA e matriz de priorização de riscos, com interface gráfica amigável. Essa matriz considera a

probabilidade de ocorrência do risco e a severidade da consequência, conforme foi apresentado no item 5.2.

Todos os eventos perigosos organizados na etapa anterior foram inseridos na ferramenta eletrônica com interface gráfica. A interface possibilita que o gestor insira os dados referentes ao local analisado, equipe e avaliação de campo, e o software gera os resultados da avaliação de risco de segurança da água, conforme diretrizes estabelecidas pela OMS (Figuras 13 a 18).

**Figura 13.** Página inicial do software de avaliação de riscos



Fonte: próprio autor (2020)



**Figura 16.** Extrato da matriz de eventos perigosos para captação de água superficial

Avaliação Sistema - C1.1 (1)

**C1.1 - Água superficial: rios; nascentes; lagos (1)**

Localização ou nome do elemento analisado: \_\_\_\_\_  
 Avaliador (es): \_\_\_\_\_

Data da análise: dia \_\_\_\_\_ mês \_\_\_\_\_ ano \_\_\_\_\_  
 Coordenadas: lat \_\_\_\_\_ lon \_\_\_\_\_

Resultados: [Avançar] [Gráfico]  
 [Avançar] [Sair]

Evento Perigoso	Probabilidade	Severidade
C1.1.1: Utilização de agrotóxicos e fertilizantes em torno da fonte de água (APP)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
C1.1.2: Presença elevada de peixes mortos ou outros animais na área de captação	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
C1.1.3: Falta de proteção (cerca imprópria), permitindo acesso de animais e pessoas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
C1.1.4: Falta de placa de aviso sobre captação	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
C1.1.5: Abate de animais em torno da fonte (APP)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
C1.1.6: Falha elétrica	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
C1.1.7: Disposição de resíduos sólidos em torno da fonte (APP) e/ou recebe seus lixiviados	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
C1.1.8: Contaminação fecal através de lixiviação de resíduos humanos ou de animais	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
C1.1.9: Ruptura/transbordo de lagoa de rejeitos perto da fonte em períodos de chuva	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
C1.1.10: Vandalismo ou ação terrorista (danificação de equipamentos, obstrução de operação e adição de químicos)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
C1.1.11: Presença de carcaças de animais ao redor da fonte (APP)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
C1.1.12: Ocorrência de inundação; inviabilização temporária na captação de água	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
C1.1.13: Presença de crianças com comportamento inadequado e falta de higiene em torno da fonte (APP)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
C1.1.14: Presença de animais em torno da fonte (10 metros)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
C1.1.15: Lavagem de roupas e banho na área de captação	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
C1.1.16: Lançamento de efluentes na área de captação	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
C1.1.17: Lançamento inadequado de águas residuárias (domésticas ou industriais) em torno da fonte (APP)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
C1.1.18: Presença de necrochorume de cemitério em torno da fonte (APP)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
C1.1.19: Presença de rejeitos de mineradora em torno da fonte (APP)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
C1.1.20: Presença elevada de algas na área de captação	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
C1.1.21: Chuvas intensas com elevação na turbidez da água	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Assinalar, 'Severidade' e 'Probabilidade', de 1 a 5. Caso não se aplique, assinalar 0 (zero). Assinalar todos os campos.**

**'Probabilidade'**  
 (1)Raro: Uma vez a cada cinco anos  
 (2)Improvável: Uma vez por ano  
 (3)Moderadamente provável: Uma vez por mês  
 (4)Provável: Uma vez por semana  
 (5)Quase certo: Uma vez por dia

**'Severidade'**  
 (1)Insignificante: Sem impacto detectável  
 (2)Baixa: Pequeno impacto sobre a qualidade organoléptica da água e/ou baixo risco à saúde, que pode ser minimizado em etapa seguinte do sistema de abastecimento.  
 (3)Moderada: Elevado impacto estético e/ou com risco potencial à saúde, que pode ser minimizado em etapa seguinte do sistema de abastecimento.  
 (4)Grave: Potencial impacto à saúde, que não pode ser minimizado em etapa seguinte do sistema de abastecimento.  
 (5)Muito Grave: Elevado risco potencial à saúde, que não pode ser minimizado em etapa seguinte do sistema de abastecimento.

Fonte: próprio autor (2020)

**Figura 17.** Extrato dos resultados obtidos utilizando a matriz de priorização de riscos

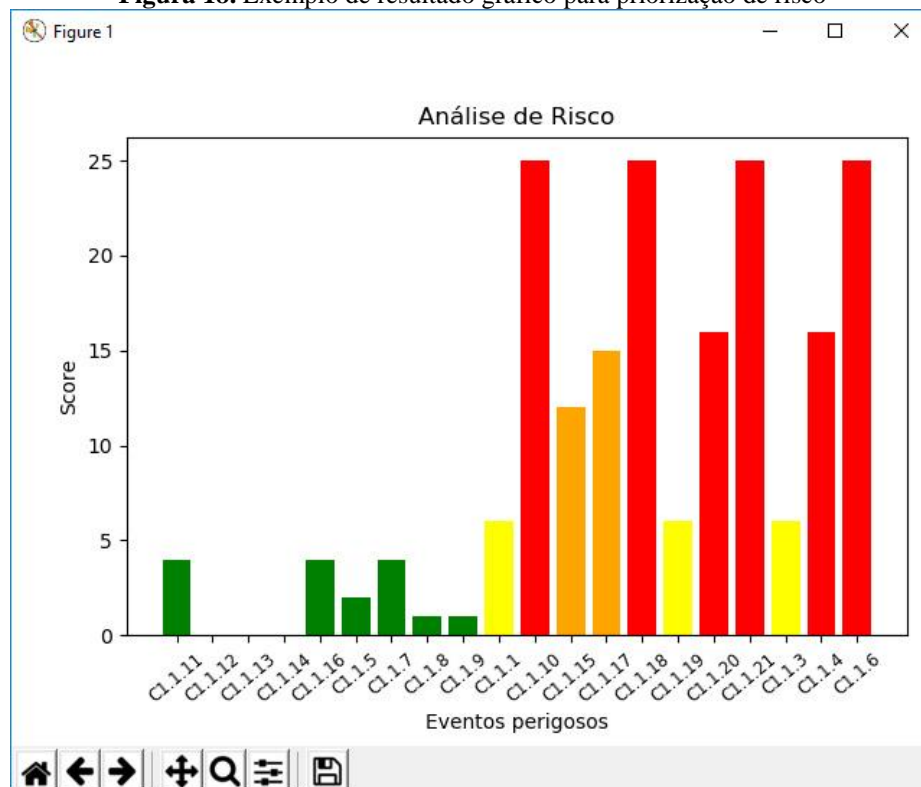
Resultados - Avaliação Sistema - C1.1 (1)

**Resultados: C1.1 - Água superficial: rios; nascentes; lagos**

Evento Perigoso	Classificação de risco	Score	Medidas de Controle
Cf.1.1	< MÉDIO >	6.0	Firmar acordo com os usuários para não permitir uso de substâncias perigosas perto da fonte (APP)
Cf.1.2	< BAIXO >	5.0	Fixar placas de sinalização, melhorar condições e proteção da fonte.
Cf.1.3	< MÉDIO >	6.0	Melhorar ou providenciar cercamento do local.
Cf.1.4	< MUITO ALTO >	16.0	Fixar placa de sinalização.
Cf.1.5	< BAIXO >	2.0	Realizar educação comunitária; comunicar órgãos responsáveis.
Cf.1.6	< MUITO ALTO >	25.0	Realizar manutenção preventiva; utilizar, se possível, fontes alternativas de energia e geradores.
Cf.1.7	< BAIXO >	4.0	Realizar educação comunitária e colocação de coletores de resíduos sólidos ou outras medidas de destinação adequada.
Cf.1.8	< BAIXO >	1.0	Coibir defecação a céu aberto na comunidade; verificar distância de fossas; restringir quintais com animais perto da fonte (APP); cercar devidamente o
Cf.1.9	< BAIXO >	1.0	Estabelecer medidas de alerta e emergência
Cf.1.10	< MUITO ALTO >	25.0	Realizar educação comunitária; controlar acesso na área de captação; realizar vigilância;
Cf.1.11	< BAIXO >	4.0	Realizar educação comunitária; promover limpeza a proteção adequada da área.
Cf.1.12	< Não se aplica >	0.0	Não se aplica
Cf.1.13	< Não se aplica >	0.0	Não se aplica
Cf.1.14	< Não se aplica >	0.0	Não se aplica
Cf.1.15	< ALTO >	12.0	Realizar educação comunitária; viabilizar locais adequados para essas atividades.
Cf.1.16	< BAIXO >	4.0	Realizar prevenção e fiscalização.
Cf.1.17	< ALTO >	15.0	Realizar educação comunitária; restringir atividades poluidoras na zona da captação.
Cf.1.18	< MUITO ALTO >	25.0	Realizar prevenção e fiscalização.
Cf.1.19	< MÉDIO >	6.0	Realizar prevenção e fiscalização.
Cf.1.20	< MUITO ALTO >	16.0	Analisar e coibir atividades potencialmente poluidoras em torno da fonte
Cf.1.21	< MUITO ALTO >	25.0	Estabelecer medidas de alerta e prevenção

[Salvar (.PDF)]  
[Sair]

Fonte: próprio autor (2020)

**Figura 18.** Exemplo de resultado gráfico para priorização de risco

Fonte: próprio autor (2020)

O programa computacional é composto pelo modelo de avaliação de riscos e banco de dados com eventos perigosos, de acordo com diretrizes do PSA.

O usuário do software pode selecionar apenas os elementos existentes no local de estudo (Figura 15) e realizar a análise de risco para cada elemento, indicando probabilidade de ocorrência e severidade da consequência (Figura 16).

Os resultados podem ser visualizados no software por meio de matriz de priorização de riscos (Figura 17) e gráfico de priorização de riscos (Figura 18). Os resultados podem ser salvos no computador por meio de arquivo em PDF.

O software desenvolvido segue as etapas e procedimentos sugeridos pelas diretrizes da OMS para desenvolvimento do PSA, conforme Brasil (2012); WHO (2014) e WHO (2017).

Flick (2009) expõe algumas razões para utilizar-se softwares na análise de dados qualitativos: *velocidade* para manusear, controlar, buscar e expor dados e itens relacionados, como códigos para os dados; *aumento da qualidade* da pesquisa através do uso de computadores, ou o fato de facilitar a demonstração da qualidade; *ampliação da transparência do processo e facilitação da comunicação* na equipe de pesquisa com utilização de computadores e a forma que os dados são analisados.

## 5.5 Validação por especialistas (fase 5)

O Quadro 11 apresenta o resultado da avaliação realizada pelos especialistas sobre o banco de dados.

**Quadro 11.** Análise dos especialistas e ajustes realizados no banco de dados

<b>Evento perigoso: Redação inicial</b>	<b>Análise Média*</b>	<b>Sugestões/Comentário dos especialistas</b>	<b>Evento perigoso: Ajuste</b>
Presença de excrementos de animais e/ou humanos em torno da fonte (APP)	3,33	Item 8 já contempla	Item excluído
Presença de depósito de resíduos sólidos em torno da fonte (APP) e/ou recebe seus lixiviados	4,00	Substituir por disposição	Disposição de resíduos sólidos em torno da fonte (APP) e/ou recebe seus lixiviados
Escoamento de resíduos agrícolas e/ou de áreas urbanizadas na área de captação	4,00	Item 1 já contempla	Item excluído
Presença de latrina (fossa negra) a 30 metros da fonte ou a montante.	3,33	Item já abordado	Item excluído/adicionado a outro item
Tubulações de esgoto e de água muito próximas (contaminação cruzada)	4,33	Incluir "Presença de" antes de tubulações	Presença de tubulações de esgoto e de água muito próximas (contaminação cruzada)
Contaminação da água por meio de canalização danificada	4,33	Incluir /rede após canalização	Contaminação da água por meio de canalização/rede danificada
Contaminação da água por meio de canalização exposta	4,33	Incluir /rede após canalização	Contaminação da água por meio de canalização/rede exposta
Formação de biofilme por falta de cloro (se aplicado)	4,33	Excluir por falta de cloro e incluir "Presença de" antes de biofilme e excluir formação	Presença de biofilme
Não há análise de qualidade da água após limpeza e manutenção.	4,67	Excluir "Não há análise" e incluir Falta de monitoramento	Falta de monitoramento de qualidade da água após limpeza e manutenção.
Práticas inadequadas de higiene durante manipulação da água	5	Incluir após "água" e de desinfecção do tanque	Práticas inadequadas de higiene durante manipulação da água e de desinfecção do tanque
-	-	Incluir mais um item: Uso de tanque não exclusivo para transporte de água	Uso de tanque não exclusivo para transporte de água e/ou sem identificação
Torneira ou acessórios (mangueiras; canos de coleta) insalubres	2,67	Insalubre: não ficou claro	Torneira ou acessórios inadequados ou contaminados
O recipiente para coleta de água também é utilizado para outros fins (materiais potencialmente poluidores)	4,67	Excluir "O" por "Uso de" e incluir "que" após água	Uso de recipiente para coleta que água que também é utilizado para outros fins (materiais potencialmente poluidores)
Acesso de animais domésticos ao local de armazenamento	4,67	Incluir "da água" após armazenamento	Acesso de animais domésticos ao local de armazenamento da água
Utilização de utensílios sujos como recipientes	4,33	Substituir por "Utilização de recipientes sujos para armazenamento de água"	Utilização de recipientes sujos para armazenamento de água
Manipulação da água com mão sujas e falta de higiene adequada	4,67	Substituir por "Manipulação da água sem higiene adequada"	Manipulação da água sem higiene adequada
Estagnação da água devido ao baixo consumo, uso intermitente ou longos períodos sem uso	4,67	Substituir por "distribuição" intermitente	Estagnação da água devido ao baixo consumo, distribuição intermitente ou longos períodos sem uso
Filtração com tecidos ou equipamentos sujos	4,67	Substituir tecidos por "panos" ou coadores de café	Filtração com panos ou equipamentos sujos
Utilização de recipientes oriundos de armazenamento de produtos químicos	5	Complementar" para armazenar ou beber a água"	Utilização de recipientes oriundos de armazenamento de produtos químicos para armazenar ou beber a água
Área sem proteção ou danificada; acesso de animais	5	Acesso de pessoas também	Área sem proteção ou danificada; acesso de animais e pessoas
Presença de ar na tubulação/ variação de pressão no sistema	4,67	Incluir a questão da baixa pressão e a intermitência	Presença de ar na tubulação/ variação de pressão e intermitência na distribuição

(continua...)

(continuação)

**Quadro 11.** Análise dos especialistas e ajustes realizados no banco de dado

Contaminação da água por meio de canalização danificada	4,33	Incluir mistura de água de várias fontes	Contaminação da água por meio de canalização danificada; mistura de água de outras fontes
-	-	Incluir a contaminação do sistema de distribuição durante novas instalações	Incluído no item 10: Contaminação da água por cimento proveniente de revestimentos ou durante novas instalações
Má conservação do tanque/recipiente	4,67	Retirar recipiente para não confundir com outra etapa	Conservação inadequada do tanque
Perda de água no tanque/recipiente	4,67	Retirar recipiente para não confundir com outra etapa	Perda de água no tanque
Contaminação no equipamento de saída do tanque/recipiente	4,67	Retirar recipiente para não confundir com outra etapa	Contaminação no equipamento de saída do tanque
Contaminação da água durante manipulação da água, por falta de higiene humana	5	Colocar higiene humana e animal, pois existe a possibilidade de existência de animais.	Contaminação da água durante manipulação da água, por falta de higiene humana ou presença de animal
Acúmulo de fezes de animais e aves na tampa do reservatório.	4,67	A presença de fezes pode ser um perigo e um risco potencial, não apenas o acúmulo. Entendo que a presença de fezes já seria um perigo. Avaliar a possibilidade de melhoria na redação (aves são animais)	Presença de fezes de animais na tampa do reservatório.
Crescimento anormal de algas	4,67	O termo anormal é muito subjetivo. Talvez avaliar a presença/ausência de algas seja mais viável	Presença de algas.
Área sem proteção ou danificada; acesso de animais	5	Entrada de pessoas também deve ser considerada	Área sem proteção ou danificada; acesso de animais e pessoas
Acúmulo excessivo de biofilme	4	Excessivo é subjetivo. Teria possibilidade de quantificar? Escalonar?	Acúmulo de biofilme

\* Média dos valores atribuídos pelos especialistas de viabilidade, redação e relevância.

Foram sugeridas 31 alterações pelos especialistas (Quadro 11). Entre elas, algumas foram indicadas por mais de um especialista. Deste modo, ajustes foram realizados e, quando necessário, a exclusão de alguns eventos.

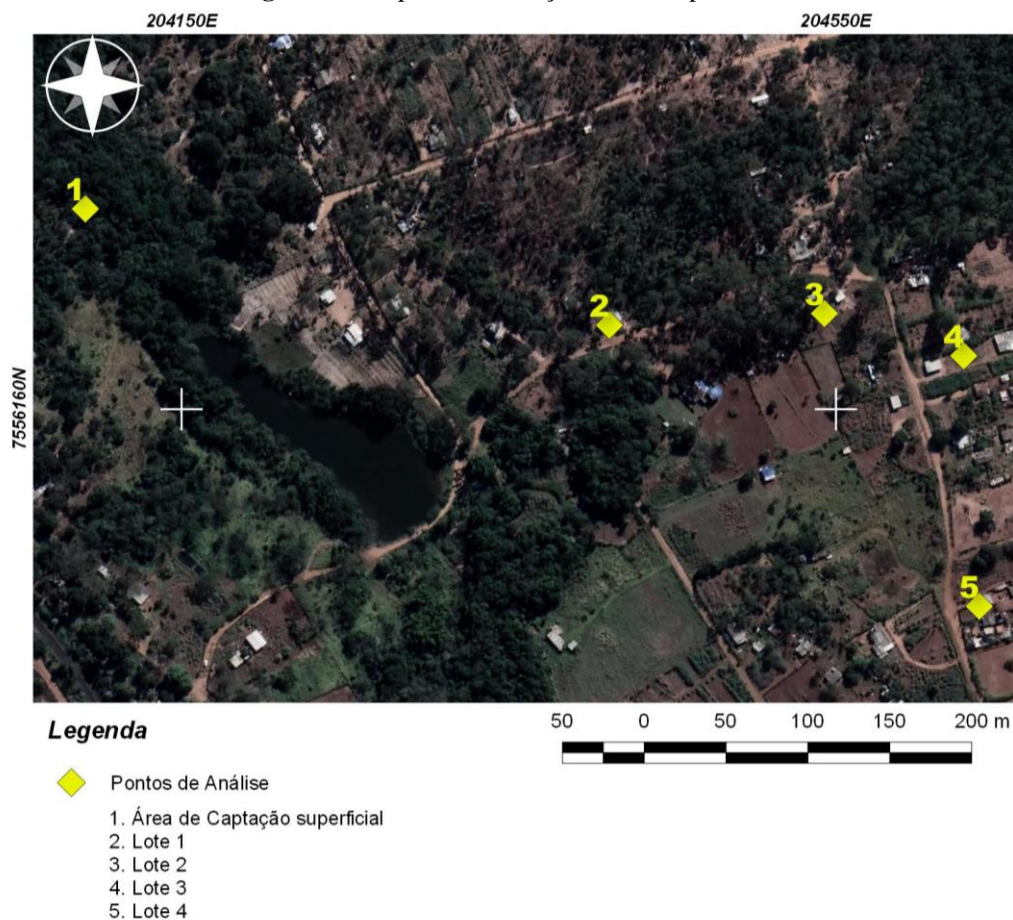
De acordo com a média das respostas atribuídas pelos especialistas, 61 dos 166 itens analisados tiveram valores médios entre 2 e 3,9 (item pode precisar de pequena alteração) e o restante dos itens ficaram entre 4 e 5 (item não precisa ser modificado). Para realizar a alteração dos itens analisados, consideraram-se, principalmente, as sugestões inseridas pelos especialistas.

## 5.6 Calibração e validação do software em comunidades rurais (fase 6)

### 5.6.1 Acampamento Capão das Antas, São Carlos, SP

Para calibração do software elaborado, a visita de campo foi realizada no dia 10/09/2019 e compreendeu 5 (cinco) pontos (1, 2, 3, 4 e 5), compostos por área de captação superficial e lotes de famílias acampadas (Figura 19).



**Figura 19.** Mapa de localização da área e pontos analisados.

Fonte: próprio autor (2020)

A Figura 19 ilustra a vista aérea da comunidade rural Acampamento Capão das Antas, localizada no município de São Carlos, SP. O ponto 1 representa a captação superficial e os demais (2, 3, 4 e 5) os lotes das famílias acampadas.

Cabe observar que o ponto 1 está localizado cerca de 250 metros do ponto 2.

A maior parte dos moradores coletam água para consumo humano no ponto 1, pois se trata de uma nascente de água que flui por um córrego e é também reservada em um lago dentro do acampamento.

Os moradores do acampamento captam a água desta nascente por meio de bombas que são acionadas de forma intermitente, e por meio de recipientes diversos, os quais são transportados pelos moradores da área de captação até suas propriedades. A carriola (carrinho de mão) é comumente utilizada para transporte dos recipientes com água.

As casas são construídas com materiais rudimentares (muitas vezes madeiras e materiais reaproveitados), e sem saneamento básico adequado.

A Figura 20 ilustra os aspectos do acampamento mencionados anteriormente.

**Figura 20.** Aspectos ambientais observados no acampamento: (a) área de captação de água superficial; (b) coleta de água na nascente com recipientes diversos; (c) carruagem utilizada para transporte de recipientes de água para consumo humano; (d) casas do acampamento



Fonte: próprio autor (2020)

No ponto 1 foram analisados os riscos potenciais para o componente Captação de Água Superficial (C1), avaliando o elemento Manancial Superficial: rio; nascente; lagos (C1.1).

O software desenvolvido permitiu a análise de risco para cada componente, de forma independente entre si. Conforme apresentado no Quadro 12, foram identificados 17 eventos perigosos para a etapa “Captação”, com avaliação de risco classificada como baixo, médio e alto.

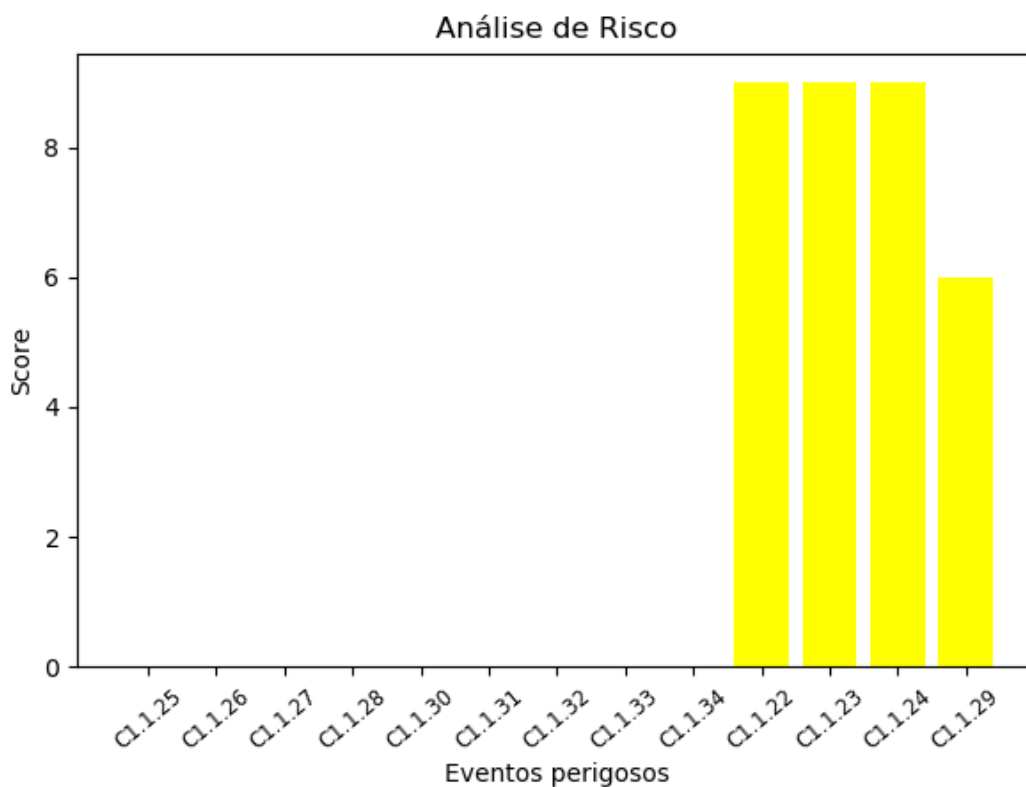
**Quadro 12.** Análise de risco referente ao componente captação de água superficial: rio; nascentes; lagos. (C1.1), no ponto 1

Ident.	Evento perigoso	Score	Avaliação de risco
C1.1.3	Falta de proteção (cerca imprópria), permitindo acesso de animais e pessoas	15	Alto
C1.1.4	Falta de placa de aviso sobre captação	15	Alto
C1.1.6	Falha elétrica	12	Alto
C1.1.7	Presença de depósito de resíduos sólidos em torno da fonte (APP) e/ou recebe seus lixiviados	9	Médio
C1.1.8	Contaminação fecal através de lixiviação de resíduos humanos ou de animais	9	Médio
C1.1.10	Vandalismo ou ação terrorista (danificação de equipamentos, obstrução de operação e adição de químicos)	5	Baixo
C1.1.12	Ocorrência de inundação; inviabilização temporária na captação de água	6	Médio

(continua...)



**Figura 22.** Resultado gráfico para priorização de riscos no componente captação de água superficial-ponto 1



Fonte: próprio autor (2020)

Os riscos que mais se destacaram (Figuras 21 e 22), com avaliação de risco alto no ponto 1, foram: (i) falta de proteção (cerca imprópria), permitindo acesso de animais e pessoas; (ii) falta de placa de aviso sobre captação e presença de animais em torno da fonte; (iii) falha elétrica; (iv) presença de pessoas com comportamento inadequado e falta de higiene em torno da fonte (v) lavagem de roupas e banho na área de captação; (vi) lançamento de efluentes na área de captação e; (vii) lançamento inadequado de águas residuárias em torno da fonte. Outros 8 (oito) eventos perigosos merecem atenção com análise de risco médio.

Nos pontos entre 2 e 5 foram analisados riscos potenciais apenas para o componente utilização de água bruta ou tratada (U.1), sendo que foram analisados os elementos coleta de água (U1.1) e armazenamento e manuseio domésticos (U1.2). Os resultados para os 4 pontos são apresentados no Quadro 13.

**Quadro 13.** Análise de risco realizada nos pontos entre 2 e 5 para o componente utilização de água bruta ou tratada (U.1)

	<b>Elemento: “Coleta de Água (U1.1)”</b>			
	<b>Ident.</b>	<b>Evento perigoso</b>	<b>Score</b>	<b>Avaliação de risco</b>
<b>Ponto 2: primeiro lote</b>	U1.1.1	Coleta com recipiente inadequado, danificado ou sujo	15	Alto
	U1.1.2	Contaminação da água durante manipulação da água, por falta de higiene humana	15	Alto
	U1.1.5	Utilização de recipientes oriundos de armazenamento de produtos químicos	16	Muito Alto
	U1.1.7	Presença de latrina (fossa negra) ou local de defecação a menos de 30 metros	20	Muito Alto
	<b>Elemento: “Armazenamento e manuseio domésticos (U1.2)”</b>			
	<b>Ident.</b>	<b>Evento perigoso</b>	<b>Score</b>	<b>Avaliação de risco</b>
	U1.2.1	Acesso de animais domésticos ao local de armazenamento	15	Alto
	U1.2.2	Utilização de utensílios sujos como recipientes	12	Alto
	U1.2.3	Manipulação da água com mão sujas e falta de higiene adequada	12	Alto
	U1.2.4	Armazenamento em recipiente sem tampa e/ou danificados	12	Alto
	U1.2.5	Ambiente sujo próximo ao local de armazenamento e/ou armazenamento próximo ao solo	15	Alto
	U1.2.6	Estagnação da água devido ao baixo consumo, uso intermitente ou longos períodos sem uso	12	Alto
	U1.2.8	Utilização de copos sujos para consumir água	12	Alto
<b>Ponto 3: segundo lote</b>	<b>Elemento: “Coleta de Água (U1.1)”</b>			
	<b>Ident.</b>	<b>Evento perigoso</b>	<b>Score</b>	<b>Avaliação de risco</b>
	U1.1.1	Coleta com recipiente inadequado, danificado ou sujo	15	Alto
	U1.1.7	Presença de latrina (fossa negra) ou local de defecação a menos de 30 metros	15	Alto
	<b>Elemento: “Armazenamento e manuseio domésticos (U1.2)”</b>			
	<b>Ident.</b>	<b>Evento perigoso</b>	<b>Score</b>	<b>Avaliação de risco</b>
	U1.2.1	Acesso de animais domésticos ao local de armazenamento	15	Alto
	U1.2.4	Armazenamento em recipiente sem tampa e/ou danificados	12	Alto
	U1.2.5	Ambiente sujo próximo ao local de armazenamento e/ou armazenamento próximo ao solo	9	Médio
	U1.2.8	Utilização de copos sujos para consumir água	6	Médio
U1.2.9	Utilização de recipientes oriundos de armazenamento de produtos químicos	8	Médio	
<b>Ponto 4: terceiro lote</b>	<b>Elemento: “Coleta de Água (U1.1)”</b>			
	<b>Ident.</b>	<b>Evento perigoso</b>	<b>Score</b>	<b>Avaliação de risco</b>
	U1.1.1	Coleta com recipiente inadequado, danificado ou sujo	12	Alto
	U1.1.2	Presença de latrina (fossa negra) ou local de defecação a menos de 30 metros	12	Alto
	U1.1.4	Torneira ou acessórios (mangueiras; canos de coleta) insalubres	12	Alto
	U1.1.7	Presença de latrina (fossa negra) ou local de defecação a menos de 30 metros	20	Muito Alto
	<b>Elemento: “Armazenamento e manuseio domésticos (U1.2)”</b>			
	<b>Ident.</b>	<b>Evento perigoso</b>	<b>Score</b>	<b>Avaliação de risco</b>
	U1.2.1	Acesso de animais domésticos ao local de armazenamento	12	Alto
	U1.2.2	Utilização de utensílios sujos como recipientes	12	Alto
	U1.2.3	Manipulação da água com mão sujas e falta de higiene adequada	12	Alto
	U1.2.4	Armazenamento em recipiente sem tampa e/ou danificados	6	Médio
	U1.2.5	Ambiente sujo próximo ao local de armazenamento e/ou armazenamento próximo ao solo	12	Alto
	U1.2.6	Estagnação da água devido ao baixo consumo, uso intermitente ou longos períodos sem uso	12	Alto
U1.2.8	Utilização de copos sujos para consumir água	12	Alto	

(continua...)

(continuação)

**Quadro 13.** Análise de risco realizada nos pontos de 2 a 5 para o componente utilização de água bruta ou tratada (U.1).

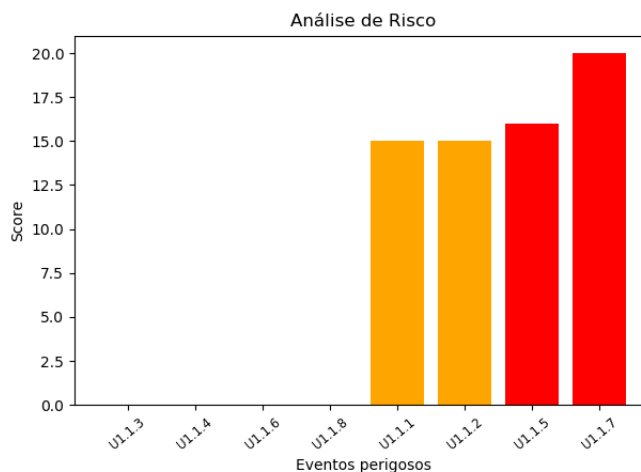
Ponto 5: quarto lote	Elemento: “Coleta de Água (U1.1)”			
	Ident.	Evento perigoso	Score	Avaliação de risco
	U1.1.1	Coleta com recipiente inadequado, danificado ou sujo	12	Alto
	U1.1.2	Contaminação da água durante manipulação da água, por falta de higiene humana	12	Alto
	U1.1.4	Torneira ou acessórios (mangueiras; canos de coleta) insalubres	12	Alto
	U1.1.5	Utilização de recipientes oriundos de armazenamento de produtos químicos	20	Muito alto
	U1.1.6	Vazamento na torneira	15	Alto
	U1.1.7	Presença de latrina (fossa negra) ou local de defecação a menos de 30 metros	20	Muito Alto
	Elemento: “Armazenamento e manuseio domésticos (U1.2)”			
	Ident.	Evento perigoso	Score	Avaliação de risco
U1.2.1	Acesso de animais domésticos ao local de armazenamento	12	Alto	
U1.2.2	Utilização de utensílios sujos como recipientes	9	Médio	
U1.2.3	Manipulação da água com mão sujas e falta de higiene adequada	12	Alto	
U1.2.4	Armazenamento em recipiente sem tampa e/ou danificados	12	Alto	
U1.2.5	Ambiente sujo próximo ao local de armazenamento e/ou armazenamento próximo ao solo	20	Muito Alto	
U1.2.8	Utilização de copos sujos para consumir água	9	Médio	
U1.2.9	Utilização de recipientes oriundos de armazenamento de produtos químicos	12	Alto	

Fonte: próprio autor (2020)

De acordo com resultados apresentados no Quadro 13, no primeiro lote (ponto 2) foram identificados 11 eventos perigosos para a etapa Usuário, com avaliação de risco classificada como alto e muito alto.

Os resultados são elucidados pelos gráficos de priorização de risco, apresentados na Figuras 23 e 24.

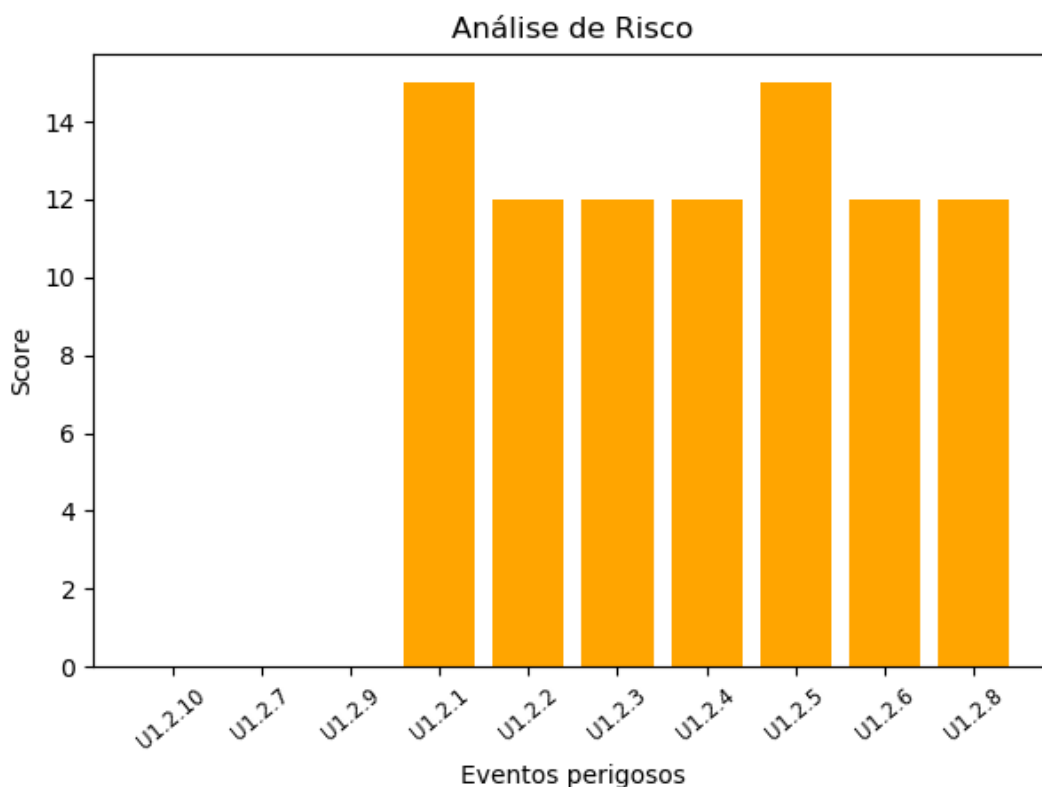
**Figura 23.** Resultado gráfico de priorização de riscos para componentes utilização de água bruta ou tratada - ponto 2



Fonte: próprio autor (2020)



**Figura 24.** Resultado gráfico de priorização de riscos para coleta de água - ponto 2



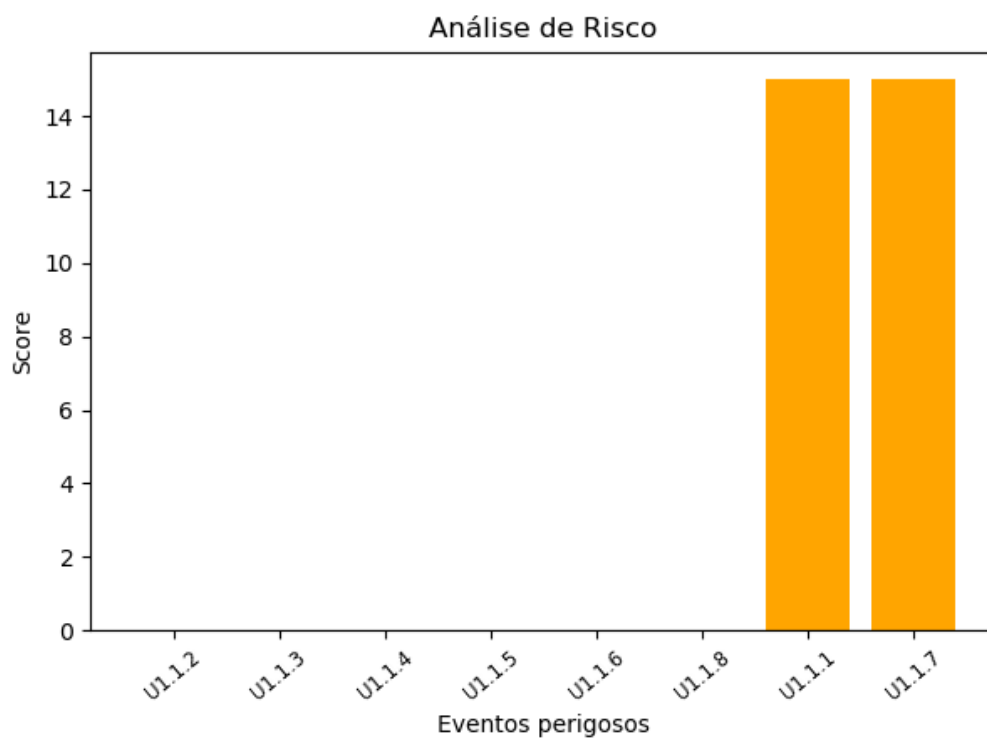
Fonte: próprio autor (2020)

Conforme as Figuras 23 e 24, os riscos que mais se destacaram no ponto 2, com avaliação de risco muito alto, foram: (i) utilização de recipientes oriundos de armazenamento de produtos químicos; (ii) presença de latrina (fossa negra) ou local de defecação a menos de 30 metros. Outros 9 (nove) eventos perigosos foram classificados com risco alto.

No segundo lote (ponto 3) foram identificados 7 eventos perigosos, sendo que 4 foram classificados com risco alto e 3 classificados como médio.

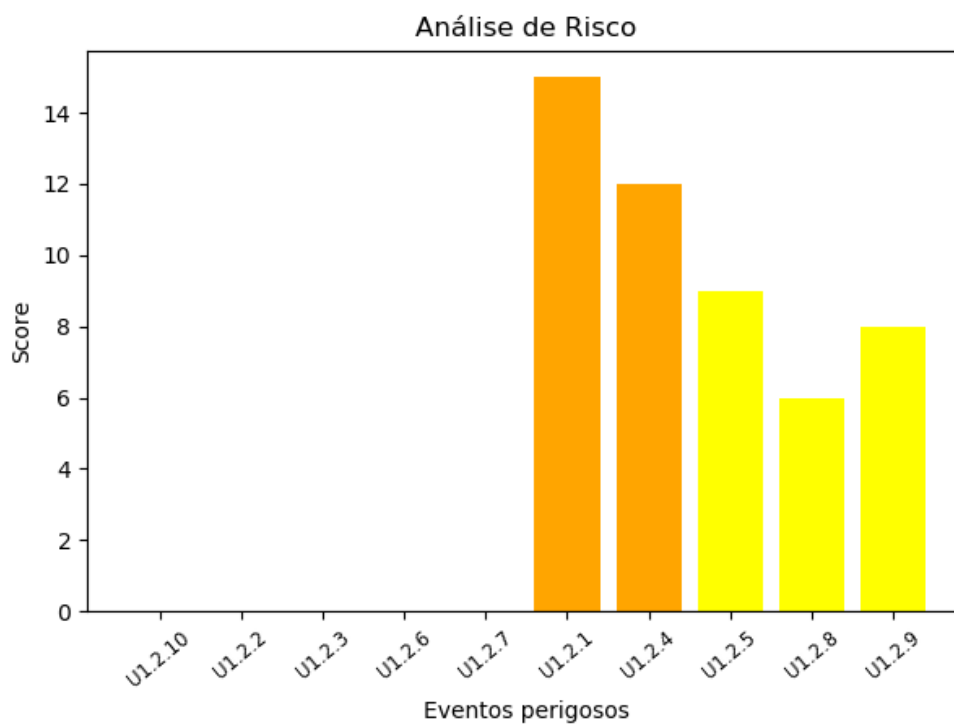
Nesta análise foram destacados 4 eventos: (i) coleta com recipiente inadequado, danificado ou sujo; (ii) presença de latrina (fossa negra) ou local de defecação a menos de 30 metros; (iii) acesso de animais domésticos ao local de armazenamento; (iv) armazenamento em recipiente sem tampa e/ou danificado (Figuras 25 e 26).

**Figura 25.** Resultado gráfico de priorização de riscos para o componente utilização de água bruta ou tratada - ponto 3



Fonte: próprio autor (2020)

**Figura 26.** Resultado gráfico de priorização de riscos para o componente coleta de água - ponto 3



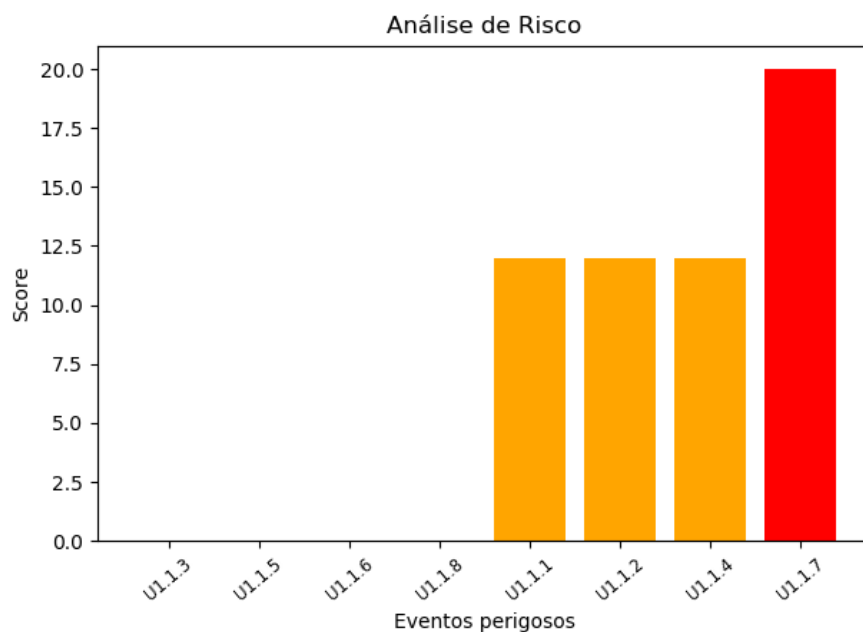
Fonte: próprio autor (2020)



No terceiro lote (ponto 4) foram identificados 11 eventos perigosos, sendo que 9 (nove) foram classificados como alto, 1 como médio e 1 como muito alto.

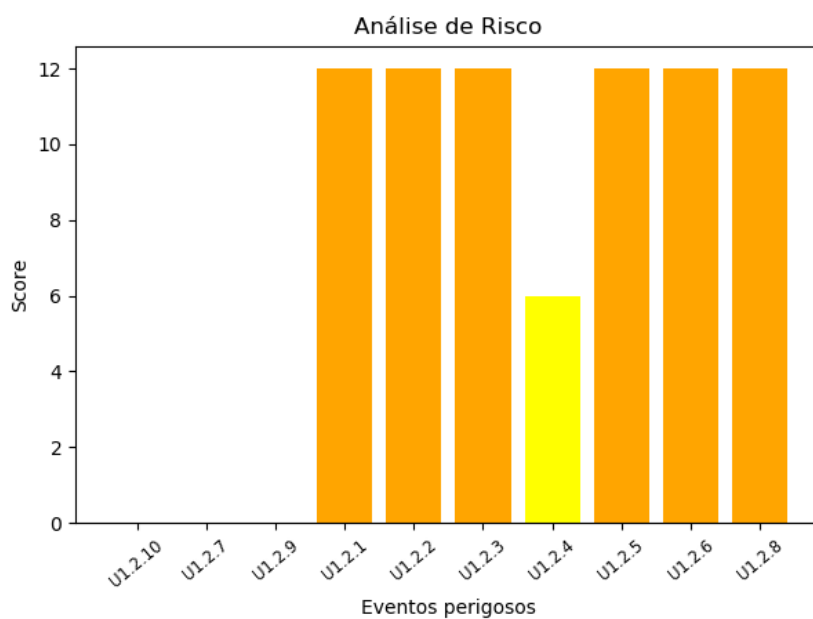
Neste lote, destacou-se a presença de latrina (fossa negra) ou local de defecação a menos de 30 metros com classificação de risco muito alto e a maior parte dos eventos classificados com risco alto, conforme apresentam-se nas Figura 27 e 28.

**Figura 27.** Resultado gráfico de priorização de riscos no componente utilização de água bruta ou tratada - no ponto 4



Fonte: próprio autor (2020)

**Figura 28.** Resultado gráfico de priorização de riscos no componente coleta de água - no ponto 4

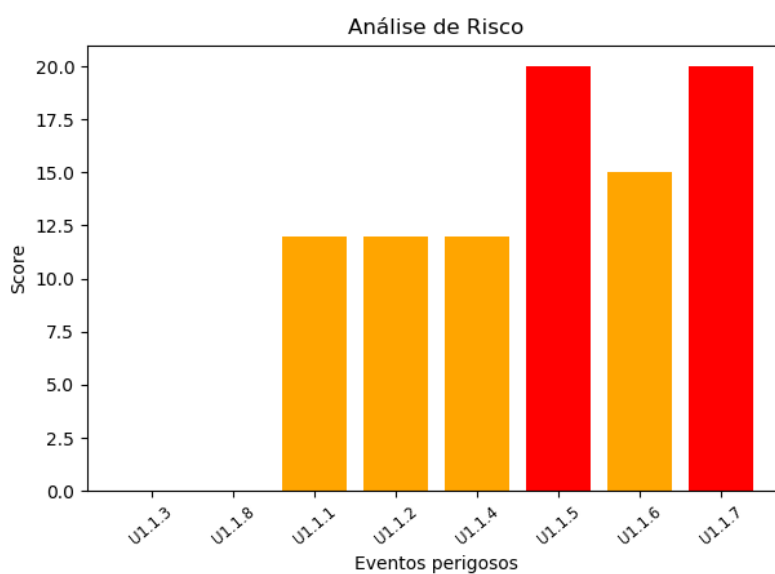


Fonte: próprio autor (2020)

A avaliação no quarto lote (ponto 5) revelou a presença de 13 eventos perigosos classificados como muito alto, alto e médio.

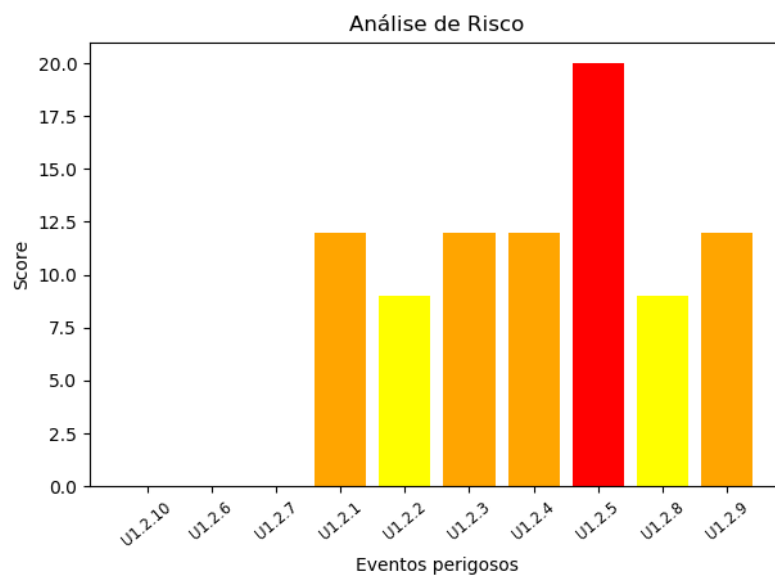
O ponto 5 (Figuras 29 e 30) teve destaque para 3 eventos classificados como muito alto: (i) Utilização de recipientes oriundos de armazenamento de produtos químicos; (ii) Presença de latrina (fossa negra) ou local de defecação a menos de 30 metros; (iii) Ambiente sujo próximo ao local de armazenamento e/ou armazenamento próximo ao solo. Outros 8 eventos foram classificados como alto e outros 2 como médio.

**Figura 29.** Resultado gráfico de priorização de riscos para o componente utilização de água bruta ou tratada - ponto 5



Fonte: próprio autor (2020)

**Figura 30.** Resultado gráfico de priorização de riscos para o componente coleta de água - ponto 5



Fonte: próprio autor (2020)

Entre os lotes analisados, o ponto 5 apresentou 13 eventos perigosos, o maior número identificado.

No geral, a avaliação de risco contemplou 2 etapas do modelo de avaliação do PSA para comunidades rurais: (i) Captação; (ii) Usuário. Foram analisados 3 componentes dessas etapas para os 5 pontos analisados no local de estudo. As outras etapas e componentes não contemplados neste estudo têm potencial de serem contemplados em estudos posteriores.

Observou-se, com os resultados de análise de risco, que existem diversos eventos perigosos que trazem risco ao consumo de água para os moradores do local de estudo. Algumas medidas de controle devem ser adotadas para mitigarem ou eliminarem esses riscos.

Os resultados obtidos corroboram com pesquisas realizadas em assentamentos por Alves *et al.* (2013); Borges *et al.* (2006); Ceretta *et al.* (2013); e Silva *et al.* (2014). De acordo com esses autores, os efluentes sanitários são comumente destinados para fossas negras; porém, ainda há disposição de efluentes a céu aberto e assentados que não têm banheiro. Esta situação coloca em risco a qualidade da água para o consumo dos próprios assentados. A falta de gestão de resíduos sólidos em assentamentos leva os próprios assentados a improvisarem medidas de destinação final, tais como a queima no próprio assentamento.

Pesquisa realizada por Borges *et al.* (2006), em assentamentos do interior paulista, apontaram deficiência no acondicionamento e gestão dos resíduos sólidos dos domicílios e falta de higiene, o que pode acarretar danos à saúde dos assentados. A qualidade da água servida apresentou qualidade baixa e grande número de casas não tinham banheiros.

De acordo com Rashon (2009), existem diversos focos de contaminação hídrica em comunidades rurais que merecem atenção, tais como: presença de animais e cultivos próximos ao ponto de captação; presença de instalações de atividades agropecuárias e agroindustriais; elevação da turbidez por eventos naturais diversos; entre outros.

Em muitos casos, as fontes de água estão localizadas longe das residências, exigindo coleta e transporte da fonte até o ponto de uso (GOMEZ *et al.*, 2014). Com isto, é comum constatar baixa qualidade microbiológica da água nos locais de uso (residência), o que indica que há contaminação durante a coleta, transporte e armazenamento de água (GOMEZ *et al.*, 2014; GUNDRY, 2006 e WRIGHT *et al.*, 2004).

Durante a avaliação do potencial de contaminação de águas captadas de fontes subterrâneas, recomendam-se observar diversos fatores característicos do transporte e

armazenamento de água. No transporte, o impacto do tipo de recipiente usado e propriedades da fonte são avaliados. Para o armazenamento doméstico, necessita-se analisar a incidência de práticas de higiene quanto à localização e proteção do recipiente (GOMEZ *et al.*, 2014).

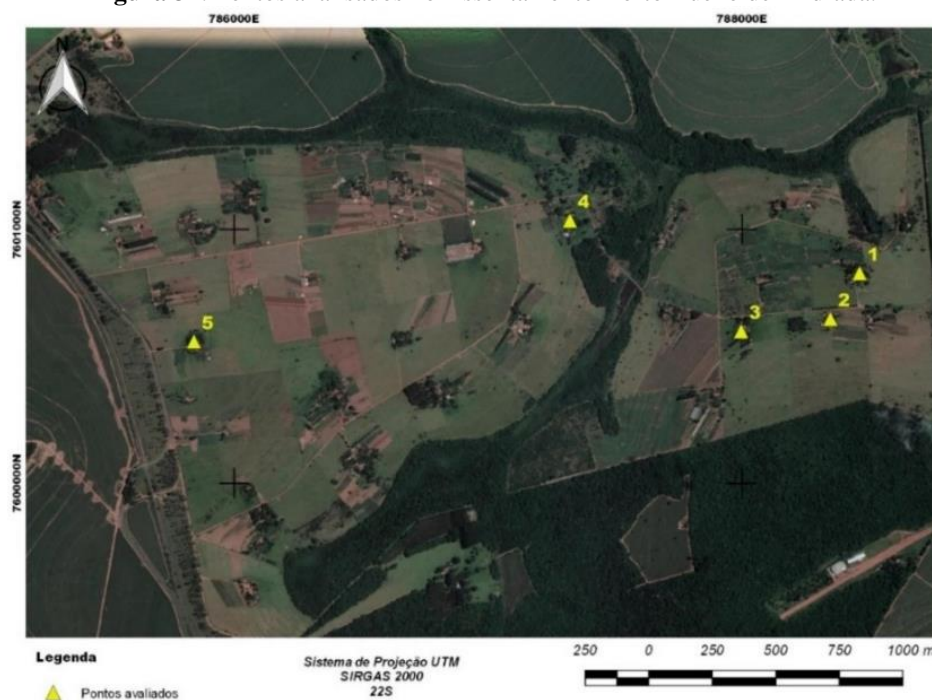
A água armazenada em casa deve ser protegida por meio de recipientes de armazenamento fechados ou projetados com segurança, os quais impedem a contaminação por mãos ou outros objetos que possam ser fonte de contaminação. Recomendam-se que boas práticas de higiene sejam apoiadas por meio de educação sobre higiene (RONDI, 2014).

### 5.6.2 Assentamento Horto Bueno de Andrada, Araraquara, SP

Após calibração em São Carlos, SP, o software foi validado no assentamento Horto Bueno de Andrada, em Araraquara, SP. O local de estudo foi escolhido por facilidades de aplicação do software e por características do local que se aproximam do conteúdo proposto no modelo de avaliação criado.

Para validação do software proposto foram selecionados lotes de forma aleatória, desde que o proprietário (a) se encontrasse no local no momento da avaliação e permitisse a realização da pesquisa. Realizou-se avaliação em 5 pontos (Figura 31); os demais lotes encontravam-se sem pessoas no momento da avaliação ou com a porteira da área fechada.

**Figura 31.** Pontos analisados no Assentamento Horto Bueno de Andrada.



Elaborado pelo autor (2020).  
Imagem: *Digital Globe* (Google Earth, 2019)

A Figura 31 ilustra os pontos que foram analisados no assentamento. Conforme apresentado, pode-se notar que os lotes escolhidos contemplaram o assentamento como um todo.

A forma comumente utilizada para abastecimento de água nos lotes do assentamento é a captação subterrânea por meio de poço tubular semiartesiano e a água é posteriormente armazenada em caixas de água com distribuição realizada por meio de tubulação (Figura 32). Não foram constatadas nenhuma outra forma de abastecimento de água. Sendo assim, a avaliação contemplou apenas o elemento “Manancial subterrâneo: poço tubular semiartesiano (C2.2)”.

**Figura 32.** Captação e reservação de água comumente realizada no assentamento



Imagem: próprio autor (2020)

O abastecimento de água em comunidades rurais é comumente realizado por meio das formas individualizadas (geralmente poços); portanto é necessário observar distâncias da captação e das fontes poluidoras (BRASIL, 2009).

Para realizar a avaliação foram utilizadas as mesmas planilhas aplicadas na calibração do software no Acampamento Capão das Antas, São Carlos, SP.

Dos 5 lotes avaliados, 3 deles não apresentaram eventos perigosos para o consumo de água, sendo que os elementos a serem analisados encontravam-se sem risco perceptível no momento da avaliação.

No ponto 5 foram analisados os riscos potenciais para o elemento Manancial subterrâneo: poço tubular semiartesiano (C2.3). Foram identificados 12 eventos perigosos, conforme apresentado no Quadro 14.

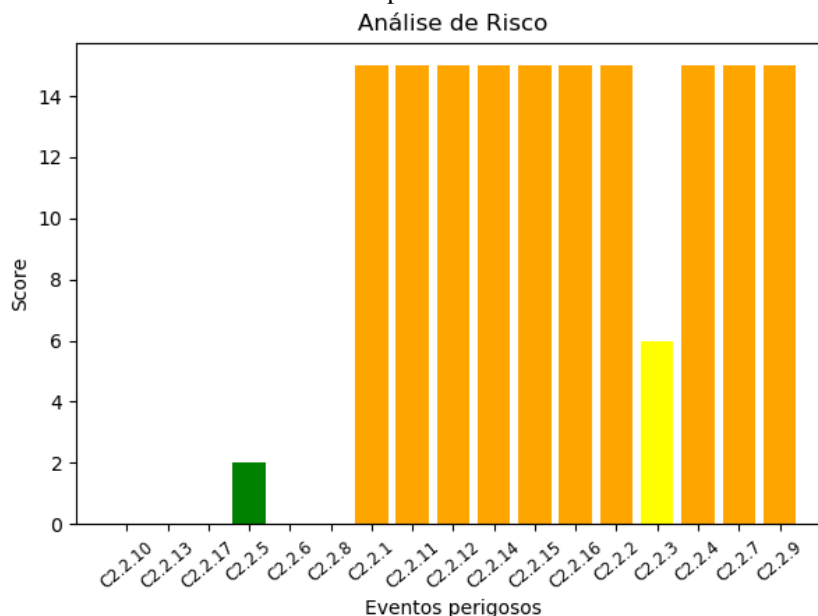
**Quadro 14.** Análise de risco referente ao componente captação de água subterrânea: poço tubular semiartesiano (C2.3), no ponto 5.

Ident.	Evento perigoso	Score	Avaliação de risco
C2.2.1	Entrada de água contaminada por meio de rachaduras, orifícios e equipamentos danificados	15	Alto
C2.2.2	Presença de água estagnada ao redor do poço, devido à má drenagem	15	Alto
C2.2.3	Entrada de água contaminada durante inundações	6	Médio
C2.2.4	Contaminação no equipamento de saída do poço	15	Alto
C2.2.5	Falha no sistema elétrico ou na bomba	2	Baixo
C2.2.7	Presença de latrina (fossa negra) ou local de defecação a menos de 10 metros do poço	15	Alto
C2.2.9	Presença de excrementos de animais ou humanos em torno do poço	15	Alto
C2.2.11	Limpeza e higiene inadequadas no poço	15	Alto
C2.2.12	Tubulações sujas	15	Alto
C2.2.14	Ausência de canal de drenagem em torno do mecanismo de bombeamento	15	Alto
C2.2.15	Presença de animais até 50 metros do poço.	15	Alto
C2.2.16	A área da base do mecanismo de bombeamento é permeável	15	Alto

Fonte: próprio autor (2020)

De acordo com a análise de risco, dos 12 eventos perigosos constatados, observaram-se 10 eventos com grau de risco alto presentes no local; como também é ilustrado pelo gráfico de priorização de risco na Figura 33.

**Figura 33.** Resultado gráfico de priorização de riscos no componente captação de água subterrâneo no ponto 5



Fonte: próprio autor (2020)

Conforme apresentado na Figura 33, dez eventos apresentaram grau de risco alto, podendo-se citar alguns: entrada de água contaminada por meio de rachaduras, orifícios

e equipamentos danificados; contaminação no equipamento de saída do poço, presença de excrementos de animais ou humanos em torno do poço, entre outros.

No ponto 2 foram identificados 7 eventos perigosos, com grau de risco baixo, médio e alto (Quadro 15).

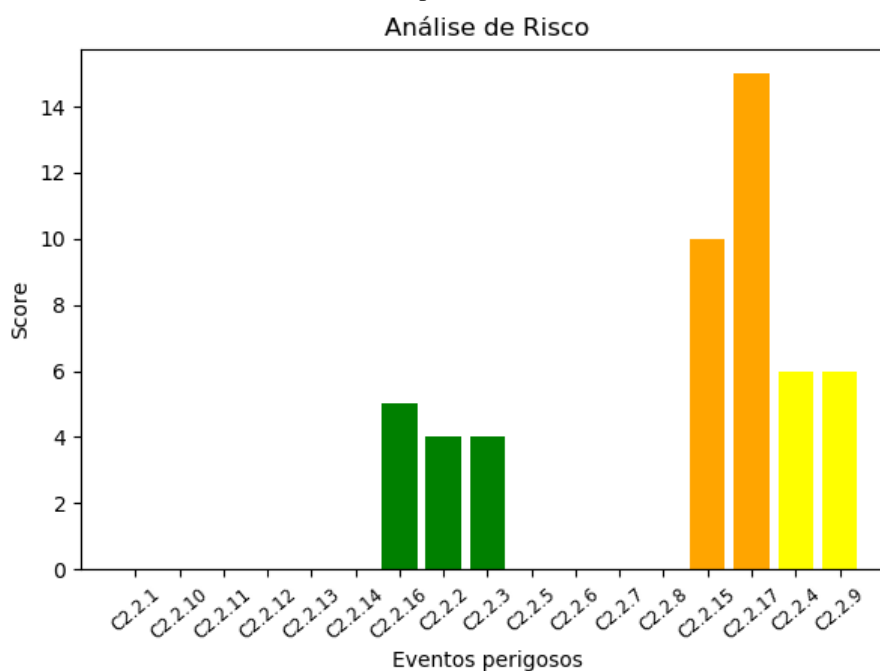
**Quadro 15.** Análise de risco referente ao componente captação de água subterrânea: poço tubular semiartesiano (C2.2), no ponto 2

Ident.	Evento perigoso	Score	Avaliação de risco
C2.2.2	Presença de água estagnada ao redor do poço, devido à drenagem insuficiente	4	Baixo
C2.2.3	Ingresso de água contaminada durante inundações	4	Baixo
C2.2.4	Contaminação no equipamento de saída do poço	6	Médio
C2.2.9	Presença de excrementos de animais ou humanos em torno do poço	6	Médio
C2.2.15	Presença de animais até 50 metros do poço.	10	Alto
C2.2.16	A área da base do mecanismo de bombeamento é permeável	5	Baixo
C2.2.17	Existência de outra fonte de poluição até 10 metros do poço	15	Alto

Fonte: próprio autor (2020)

Conforme análise de risco apresentada no quadro anterior, 3 eventos foram classificados com grau de risco baixo, 2 médios e outros 2 com grau de risco alto. A Figura 34 ilustra os resultados da análise de risco realizada pelo software.

**Figura 34.** Resultado gráfico de priorização de riscos no componente captação de água subterrâneo no ponto 2



Fonte: próprio autor (2020)

A Figura 34 destaca a presença de 2 eventos com grau de risco alto e dois com risco médio: (i) existência de outra fonte de poluição até 10 metros do poço; (ii) presença de animais até 50 metros do poço; (iii) contaminação no equipamento de saída do poço; (iv) presença de excremento de animais ou humanos em torno do poço. Outros 3 eventos foram classificados com grau de risco baixo e, apesar de não serem os mais prioritários, merecem especial atenção com relação a medidas mitigadoras para eliminar tais riscos.

Recomenda-se que a instalação do poço seja realizada na cota mais alta possível, devendo estar, indiscutivelmente, em terreno mais alto que fontes poluidoras (CETESB, 1978).

De forma geral, observa-se que o abastecimento de água no Assentamento Horto Bueno de Andrada é realizado por meio de captação subterrânea, através de poços tubulares semiartesiano ou artesianos.

A pesquisa de campo no local de estudo concentrou-se no componente captação de água subterrânea, referente à etapa de captação (C1). Outras etapas e elementos – referentes ao armazenamento, tratamento e usuário – não existem no local da pesquisa ou não houve possibilidade de serem verificados devido à natureza da avaliação, envolvendo avaliações mais invasivas nas propriedades dos assentados.

De acordo com Heller; Padua (2010), em todas obras de captações há necessidade de adotar medidas de proteção do local, evitando assim a poluição de origem humana e animal. Sendo assim, recomendam-se as seguintes medidas:

- ✓ isolamento de uma área em torno da obra, para evitar o livre acesso de animais, tendo como parâmetros: uma distância de 25 m de raio quando se tratar de poços, cisternas ou fontes; e 20 m do eixo maior da zona de captação, quando se tratar de fonte difusa, barragens ou drenos;
- ✓ construção de terraços e drenos superficiais, para desvios das águas pluviais e contenção de erosão;
- ✓ plantio sistemático de espécies vegetais adaptadas à área.

Para prevenir a contaminação de águas subterrâneas e manter segurança do local de instalação de poços tubulares profundos recomenda-se um perímetro de proteção sanitária, o qual deve abranger um raio de 10 metros, a partir da captação, com cerca de proteção (DAEE, 2012).



Além dessas medidas de proteção, planos estabelecidos em agregados familiares devem estar ligados a um programa de educação sobre higiene e aconselhamento aos agregados familiares na manutenção da segurança da água (WHO, 2017).

## 6. CONCLUSÕES

Pesquisas relacionadas ao PSA no Brasil são incipientes, e suas diretrizes ainda não são aplicadas com efetividade nas empresas de saneamento nos municípios brasileiros.

Observou-se que o saneamento rural no Brasil é precário, e que pequena parcela dos moradores de áreas rurais é contemplada com saneamento básico.

Nas áreas de avaliação da pesquisa, observou-se que o abastecimento de água é realizado por meio de captação superficial e poços, sem haver nenhum tipo de tratamento para consumo. A avaliação permitiu conhecer características intrínsecas desses tipos de comunidades, servindo de parâmetro para futuras avaliações do PSA nesses ambientes.

Verificou-se que o modelo de avaliação contempla diversos possíveis cenários para avaliação de risco de contaminação da água para consumo humano em comunidades rurais. Embora a lista de fontes de contaminação seja ampla, o software permite a inserção de outros eventos perigosos que não foram contemplados neste estudo.

A validação do banco de dados por especialistas e a calibração e validação do software nas áreas de estudo possibilitaram melhor ajuste e maior confiabilidade do modelo de monitoramento desenvolvido.

O software possibilitou a implantação das etapas preliminares e de avaliação do SSAAA para o PSA, contemplando também a validação e calibração do modelo em propriedades rurais. A manipulação do software foi de fácil utilização e não necessita de instalação prévia de aplicativo ou de outro dispositivo.

## 7. RECOMENDAÇÕES

A demanda por estudos e mecanismos preventivos à segurança da água são úteis aos gestores da bacia hidrográfica e ao tomador de decisão sobre uso e consumo da água. Para isto, recomenda-se que pesquisas futuras procurem:

a) associar indicadores quantitativos (de controle operacional) com o sistema preventivo proposto (uso do software com eventos qualitativos) para ampliar o foco da gestão dos recursos hídricos.

b) aplicar esta ferramenta em propriedades rurais de uma mesma bacia hidrográfica para análise qualitativa dos eventos críticos e, comparar com as metas estabelecidas nos planos de bacia;

c) propor melhorias e adaptações tecnológicas ao instrumento, como uso de aplicativo e mapeamento digital, para que as observações de campo sejam disponibilizadas online ao tomador de decisão. Isto pode agilizar a interpretação de dados e subsidiar medidas de controle em caso de eventos críticos (mortalidade de peixes, eutrofização do corpo hídrico, outros).

d) possibilitar que as avaliações em campo sejam realizadas em conjunto com profissionais da área de saúde do município, os quais têm competência e atribuições para realizar esse tipo de atividade.

## REFERÊNCIAS

ALEXANDRE, N. M. C.; COLUCI, M. Z. O. Validade de conteúdo nos processos de construção e adaptação de instrumentos de medidas. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 167, n. 7, p. 3061–3068, 2011.

ARARAQUARA. Plano Municipal de Saneamento Básico. Relatório de Minuta do Plano Consolidado. Araraquara: Prefeitura Municipal de Araraquara-SP, 2014. WALM-Engenharia e Tecnologia Ambiental. Disponível em: <www.daaearaquara.com.br>.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **ABNT NBR ISO 31000:2018. Gestão de riscos - Diretrizes**. ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2018. 17p.

AUSTRÁLIA/NEW ZEALAND (AS/NZS). **AS/NZS 4360:2004. Australian/New Zealand Standard. Risk Management**. Australia/New Zealand, 2004.

BARTRAM, J.; CORRALES, L.; DAVISON A; et al. Manual para el desarrollo de planes de seguridad del agua. Metodología pormenorizada de gestión de riesgos para proveedora de agua de consumo. Ginebra: 2009

BEUKEN, R.; REINOSO, M.; STURN, S.; et al. Identification and description of hazards for water supply systems. **TECHNEAU**, p. 79, 2008.

BEZERRA, N. R. Aplicação da técnica Delphi para validação dos métodos a serem utilizados no sistema em plataforma web para implantação de plano de segurança da água. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais (GESTA)**, v. 6, p. 29–40, 2018.

BORGES, J. R. P.; FABBRO, A. L. D.; FILHO, P. F. Condições de vida e qualidade do saneamento ambiental em assentamentos da reforma agrária paulista - Representações e práticas cotidianas. XV Encontro Nacional de Estudos Populacionais, ABEP, realizado em Caxambú- MG – Brasil, de 18 a 22 de setembro de 2006. **Anais...** . p.1–16, 2006. Caxambú-MG.

BRASIL. MINISTÉRIO DAS CIDADES. SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO. **Relatório de Avaliação Anual do Plano Nacional de Saneamento Básico – Ano 2014**. Brasília: 2015a.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE (FUNASA). Manual de Saneamento. Brasília: Funasa. 2015b.

BRASIL. MINISTÉRIO DAS CIDADES. SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO. Transversal: saneamento básico integrado às comunidades rurais: e populações tradicionais: guia do profissional em treinamento: nível 2. , 2009. Brasil: Ministério das Cidades.

BRASIL. SECRETARIA DE VIGILÂNCIA EM SAÚDE. DEPARTAMENTO DE VIGILÂNCIA EM SAÚDE AMBIENTAL E SAÚDE DO TRABALHADOR (DSAST). Plano de Segurança da Água: Garantindo a qualidade e promovendo a saúde - Um olhar do SUS. , 2012. Brasília.

BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico, cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico, altera a Lei nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979, a Lei nº 8.036, de 11 de maio de 1990, a Lei nº 8.6. 2007.

BRASIL. Programa Nacional de Saneamento Rural (em construção). UFMG. Diretrizes e Estratégias. 2018.

BRASIL. Portaria Nº 3.174, de 2 Dezembro de 2019. Diário Oficial da União, Brasília, DF, Edição 234, Seção 1, p. 72. , 2019. Brasília, DF: Diário Oficial da União.

COLUCI, M. Z. O.; ALEXANDRE, N. M. C.; MILANI, D. Construção de instrumentos de medida na área da saúde. **Ciência & Saúde Coletiva**, p. 925–936, 2015.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). Água subterrânea e poços tubulares. , 1978. São Paulo: São Paulo.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA (DAEE). INSTRUÇÃO TÉCNICA DPO Nº 006. , 2012. São Paulo.

DEPARTAMENTO DE AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTO (DAAE). Departamento de Autônomo de Água e Esgoto de Araraquara-SP.

FUNASA - FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. Panorama do Saneamento Rural no Brasil. Disponível em: <[www.funasa.gov.br](http://www.funasa.gov.br)>. Acesso em: 5/8/2018.

GARCIA, R.; BLANCO, R.; ANTA, J.; NAVES, A.; MOLINERO, J. Plan de seguridad del agua en los Campos de Refugiados Saharais en Tindouf (Argelia). **Ingeniería del Agua**, v. 22, n. 1, p. 37–52, 2018.

GODFREY, S.; NIWAGABA, C.; HOWARD, G.; TIBATEMWA, S. **Water Safety Plans for Utilities in Developing Countries-A case study from Kampala, Uganda**. Kampala, 2014.

GOMEZ, A. P.; SORLINI, S.; COLLIVIGNARELLI, C. **Water safety of improved source: the case study of vilanculos (mozambique)**. Rimini, Italy, 2014.

GUNDRY, S. W. Contamination of drinking water between source and point-of-use in rural households of South Africa and Zimbabwe: implications for monitoring the Millennium Development Goal for water. **Water Practice and Technology**, v. 1, n. 2, p. 1–9, 2006.

GUNNARSDÓTTIR, M. J.; GISSURARSON, L. R. HACCP and water safety plans in Icelandic water supply: Preliminary evaluation of experience. **Journal of Water and Health**, 2008.

HELLER, L.; PADUA, V. L. DE. **Abastecimento de água para consumo humano**. 2ª Edição ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2010.

IBGE. Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios. Volume Brasil 2015.

ISENBURG, A.; CANTUSIO NETO, R. Plano de Segurança da Água - ano de 2016. Sociedade de Abastecimento de Água e Saneamento S/A (SANASA), Campinas, SP, 2017.

ITESP - FUNDAÇÃO INSTITUTO DE TERRAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. Relatórios e mapas, 2018. Araraquara: ITESP.

ITN-BUET. **Water Safety Plan for Handtubewell in Rural Water Supply System**. Bangladesh, 2006.

KLÖVE B., KVITSAND H., PITKANEN, T. M., GUNNARSDOTTIR M. J., GAUT S., GARDARSSON S. M., ROSSI P. M., MIETTINEN I. Overview of groundwater sources and water-supply systems, and associated microbial pollution, in Finland, Norway and Iceland. **Hydrogeol Journal**, v. 25, p. 1033–1044, 2017.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 5º ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MARTINHO, C.; MENDES, R. Plano de Segurança da Água, um desafio. In: F. H. B. P. BENSOUSSAN, M. d´A. & FONSECA (Org.); **Plano de Segurança da Água na visão de especialistas**. 1º ed, p.451, 2015. São Paulo: SETRI.

MAYNILAD WATER SERVICES. Water Safety Plan. Managing Drinking- Water Quality from Catchment to Consumer, 2015. Disponível em: <<http://www.mayniladwater.com.ph>>.

NIJHAWAN, A.; JAIN, P.; SARGAONKAR, A.; KUMAR LABHASETWAR, P. Implementation of water safety plan for a large-piped water supply system. **Environmental Monitoring & Assessment**, v. 186, n. 9, p. 5557–5560, 2014.

ONU NAÇÕES UNIDAS NO BRASIL. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Disponível em: <[nacoesunidas.org](http://nacoesunidas.org)>. Acesso em: 21/6/2018.

PEDREIRA, R. B. S.; ROCHA, S. V.; SANTOS, C. A. DOS; VASCONCELOS, L. R. C.; REIS, M. C. Validade de conteúdo do Instrumento de Avaliação da Saúde do Idoso. **Einstein**, v. 14, n. 73, p. 158–162, 2016.

PÉREZ-VIDAL, A.; AMÉZQUITA-MARROQUÍN, C.; TORRES-LOZADA, P. Water Safety Plans: Risk assessment for consumers in Drinking Water Supply Systems. **Ingeniería y Competitividad**, v. 15, n. 2, p. 237–251, 2013.

PIAMBA, D. A. Z.; LOBO, M. P.; PINO, M. Identificación, priorización y gestión de riesgos técnicos en el acueducto Gutierrez & Brawn (Coto Brus-Costa Rica) bajo el enfoque de Planes de Seguridad del Agua (fase I). Foro Nacional y Feria de Tecnología de Agua Potable y Saneamiento Integral: “Gestión de Riesgo y Desarrollo Sostenible” Red de Agua y Saneamiento de Nicaragua (RASNIC) Del 25 al 29 de noviembre de 2014. **Anais...** . p.11, 2014.

RASHON. Guía para la implementación de Planes de Seguridad de Agua en el Sector Rural de Honduras. , 2009. . Red de Agua y Saneamiento de Honduras.

REWORÊDO, L. DA S.; DANTAS, M. M. C.; MAIA, R. S.; TORRES, G. DE V.; MAIA, E. M. C. Validação de conteúdo de um instrumento para identificação de violência contra criança. **Acta Paul Enferm.**, v. 29, n. 2, p. 205–217, 2016.

RONDI, L. **The Water Safety Plan approach: elaboration, implementation and evaluation in rural contexts of sub-Saharan Africa.** Brescia, 2014.

ROUSE, M.; PILGRIM, N.; NAIR, A. **Water Safety Plans for Rural Water Supply in India. Policy Issues and Institutional Arrangements.** New Deli, 2010.

SANASA. SOCIEDADE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E SANEAMENTO. Plano de Segurança da Água. Disponível em: <[http://www.sanasa.com.br/conteudo/conteudo2.aspx?f=SA&par\\_nrod=1901](http://www.sanasa.com.br/conteudo/conteudo2.aspx?f=SA&par_nrod=1901)>. Acesso em: 5/7/2018.

SÃO CARLOS, S. Diagnóstico Social , Econômico e Produtivo do Acampamento Rural Capão das Antas. 2016. São Carlos, SP: Núcleo de Pesquisa e Extensão Rural (NuPER/UFSCar) Observatório de Conflitos Rurais do Estado de São Paulo.

SAUNDERS, ROBERT J.; WARFORD, J. J. Abastecimento de água em pequenas comunidades: aspectos economicos e políticos nos países em desenvolvimento. , 1983. Rio de Janeiro: ABES.

SEADE. FUNDAÇÃO SISTEMA ESTADUAL DE ANÁLISE DE DADOS. Informações dos Municípios PaulistaS (IMP), 2016.

SICAR - SISTEMA NACIONAL DE CADASTRO AMBIENTAL RURAL. Consulta Pública. Disponível em: <[www.car.gov.br](http://www.car.gov.br)%3E>. Acesso em: 5/4/2018.

SILVA, P. C. DA. **Análise da Qualidade da Água no Sistema de Abastecimento de Itaipava/RJ, Visando a Implantação do Plano de Segurança da Água,** 2013. Universidade Federal do Rio de Janeiro/RJ.

SORLINI, S.; BIASIBETTI, M.; ABBÀ, A.; COLLIVIGNARELLI, M. C.; DAMIANI, S. Water Safety Plan for drinking water risk management: the case study of Mortara (Pavia, Italy). **Ambiente e Agua - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 12, n. 4, p. 513–526, 2017.

SOUZA, A. C. DE; ALEXANDRE, N. M. C.; GUIRARDELLO, E. DE B. Propriedades psicométricas na avaliação de instrumentos : avaliação da confiabilidade e da validade. **Epidemiol. Serv. Saude**, v. 26, n. 3, p. 649–659, 2017.

TSUTIYA, M. T. Abastecimento de água. , 2004. São Paulo: Sao Paulo: Departamento de Engenharia Hidraulica e Sanitaria da Escola Politecnica da Universidade de Sao Paulo.

VENTURA, K. S.; VAZ FILHO, P.; NASCIMENTO, S. G. Plano de segurança da água implementado na estação de tratamento de água de Guarauá , em São Paulo. **Eng Sanit Ambient**, v. 24, n. 1, p. 109–119, 2019.

VIEIRA, J. M. P.; MORAIS, C. Planos de Segurança da Água para Consumo Humano em Sistemas Públicos de Abastecimento. , 2005. Braga.

VITURI, D. W.; LAURA, M. M. Validação de conteúdo de indicadores de qualidade para avaliação do cuidado de enfermagem. **Rev. Esc. Enferm. USP**, v. 43, n. 2, p. 429–437, 2009.

WHO. Water Safety Plans. Managing drinking-water quality from catchment to consumer. , 2005a. Geneva.

WHO. **Kampala Water Safety Plan Case Study**. Geneva, 2005b.

WHO. Water safety plan: a field guide to improving drinking-water safety in small communities. 2014.

WHO. Protecting Surface Water for Health: Identifying, Assessing and Managing Drinking-Water Quality Risks in Surface-Water Catchments. **WHO Library Cataloguing-in-Publication Data**, p. 178, 2016.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first addendum. , 2017. Genebra.

WRIGHT, J.; GUNDRY, S.; CONROY, R. Household drinking water in developing countries: A systematic review of microbiological contamination between source and point-of-use. **Tropical Medicine and International Health**, v. 9, n. 1, p. 106–117, 2004.

YE, B.; CHEN, Y.; LI, Y.; et al. Risk assessment and water safety plan: Case study in Beijing, China. **Journal of Water and Health**, v. 13, n. 2, p. 510–521, 2015.



## APÊNDICE A – EXTRATO DA PLANILHA ELETRÔNICA PARA VALIDAÇÃO DAS VARIÁVEIS

**Validação:**  
*"ELABORAÇÃO DE INSTRUMENTO PARA MONITORAMENTO DE RISCOS À CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA EM COMUNIDADES RURAIS: ESTUDO DE CASO NO ASSENTAMENTO HORTO BUENO DE ANDRADA"*

**Instruções:**

A validação do banco de dados será realizada de acordo com a escala de tipo Likert com pontuação de:

- 1 - incompleto / insatisfatório;
- 3 - razoável / bom e,
- 5 - muito bom

Desta forma, cada item avaliado (variável) terá como resultado a média aritmética dos critérios (viabilidade, redação e relevância) e este valor será adotado para compor a média dos especialistas.

Clicando nos botões ao lado, cada especialista realizará avaliação em uma guia da planilha (aba) referente ao seu grupo: "Grupo 1"; "Grupo 2"; "Grupo 3"; "Grupo 4". Há uma planilha com referências utilizadas para elaboração das variáveis. Clique no botão "Referências" para visualizar.

Após preencher as células na avaliação, salvar o arquivo e encaminhar ao pesquisador responsável pela pesquisa.

**Clicar em algum botão abaixo para iniciar a avaliação:**

**Grupo 1**   **Grupo 2**   **Grupo 3**   **Grupo 4**

**Referências**

Pronto 100%

PlanilhaFinal\_23\_05\_19 - Excel

Arquivo Página Inicial Inserir Layout da Página Fórmulas Dados Revisão Exibir Desenvolvedor Diga-me o que você deseja fazer Compartilhar

Normal Visualização da Quebra de Página Layout da Página Modos de Exibição Personalizados

Modos de Exibição de Pasta de Trabalho

Régua  Barra de Fórmulas

Linhas de Grade  Títulos

Mostrar

Zoom 100% Zoom na Seleção

Nova Janela Organizar Tudo Congelar Painéis

Dividir Ocultar Reexibir

Exibir Lado a Lado Rolagem Sincronizada Redefinir Posição da Janela

Alterar Janelas Macros

Macros

**Grupo 1**

**Atribuir valores para cada item avaliado (escala Likert):**

**1 - incompleto/insatisfatório**

**3 - razoável/bom**

**5- muito bom**

**VOLTAR/INÍCIO**

**Captação de Água Superficial**

	Evento Perigoso (causas de risco) - Água superficial: rio; nascentes; lagos.	ITEM AVALIADO			
		Viabilidade (contexto brasileiro)	Redação (linguagem/terminologia)	Relevância (aspectos utilizados)	Sugestão/Comentário
1	Utilização de agrotóxicos e fertilizantes em torno da fonte de água (APP)				
2	Presença de excrementos de animais e/ou humanos em torno da fonte (APP)				
3	Falta de proteção (cerca imprópria), permitindo acesso de animais e pessoas				
4	Falta de placa de aviso sobre captação				
5	Sacrifício de animais em torno da fonte (APP)				
6	Falha elétrica (se aplicado)				
7	Presença de depósito de resíduos sólidos em torno da fonte (APP) e/ou recebe seus lixiviados				
8	Contaminação fecal através de lixiviação de resíduos humanos ou de animais				

Pronto 58%

PlanilhaFinal\_23\_05\_19 - Excel

Arquivo Página Inicial Inserir Layout da Página Fórmulas Dados Revisão Exibir Desenvolvedor Diga-me o que você deseja fazer Compartilhar

Normal Visualização da Quebra de Página da Página Layout da Página Modos de Exibição Personalizados

Modos de Exibição de Pasta de Trabalho

Régua  Barra de Fórmulas

Linhas de Grade  Títulos

Mostrar

Zoom 100% Zoom na Seleção

Nova Janela Organizar Tudo Congelar Painéis

Dividir Ocultar Reexibir

Exibir Lado a Lado Rolagem Sincronizada Redefinir Posição da Janela

Alterar Janelas Macros

Janela Macros

**Grupo 2**

**Atribuir valores para cada item avaliado (escala Likert):**

**1 - incompleto/insatisfatório**

**3 - razoável/bom**

**5- muito bom**

**VOLTAR/INÍCIO**

**Captação de Água Subterrânea**

Evento Perigoso (causas de risco) - Água subterrânea: poço escavado (poço caipira)	ITEM AVALIADO			
	Viabilidade (contexto brasileiro)	Redação (linguagem/terminologia)	Relevância (aspectos utilizados)	Sugestão/Comentário
1 Ingresso de água contaminada por meio de rachaduras, orifícios e equipamentos danificados				
2 Presença de água estagnada ao redor do poço (3 metros), devido à má drenagem				
3 Ingresso de água contaminada durante inundações				
4 Contaminação no equipamento de saída do poço/torneiras				
5 Vandalismo ou ação terrorista (danificação de equipamentos, obstrução de operação e adição de químicos)				
6 Presença de latrina (fossa negra) ou local de defecação a menos de 10 metros do poço e/ou a montante				
7 Entrada de animais por meio de tampas ou orifícios.				
8 Ausência de proteção de concreto em volta do poço e/ou problema com canal de drenagem				

Pronto 57%

PlanilhaFinal\_23\_05\_19 - Excel

Arquivo Página Inicial Inserir Layout da Página Fórmulas Dados Revisão Exibir Desenvolvedor Diga-me o que você deseja fazer Compartilhar

Normal Visualização da Quebra de Página Layout da Página Modos de Exibição Personalizados

Modos de Exibição de Pasta de Trabalho

Régua  Barra de Fórmulas

Linhas de Grade  Títulos

Mostrar

Zoom 100% Zoom na Seleção

Nova Janela Organizar Tudo Congelar Painéis

Dividir Ocultar Reexibir

Exibir Lado a Lado Rolagem Sincronizada Redefinir Posição da Janela

Alternar Janelas

Macros

Macros

**Grupo 3**

**Atribuir valores para cada item avaliado (escala Likert):**

**1 - incompleto/insatisfatório**

**3 - razoável/bom**

**5- muito bom**

**VOLTAR/INÍCIO**

**Armazenamento de Água Bruta**

Evento Perigoso (causas de risco) - Reservatório de água bruta	ITEM AVALIADO			
	Viabilidade (contexto brasileiro)	Redação (linguagem/terminologia)	Relevância (aspectos utilizados)	Sugestão/Comentário
1 Acúmulo de fezes de animais e aves na tampa do reservatório.				
2 Inundação da válvula por águas superficiais				
3 Desprendimento de biofilme				
4 Má drenagem e acúmulo de água				
5 Má conservação de reservatórios/reservatórios danificados				
6 Vandalismo ou ação terrorista (danificação de equipamentos, obstrução de operação e adição de químicos)				
7 Infiltração/vazamento de água				
8 Perda de água no reservatório				

Pronto 59%



PlanilhaFinal\_23\_05\_19 - Excel

Arquivo Página Inicial Inserir Layout da Página Fórmulas Dados Revisão Exibir Desenvolvedor Diga-me o que você deseja fazer Compartilhar

Normal Visualização da Quebra de Página Layout da Página Modos de Exibição Personalizados

Modos de Exibição de Pasta de Trabalho

Régua  Barra de Fórmulas

Linhas de Grade  Títulos

Mostrar

Zoom 100% Zoom na Seleção

Nova Janela Organizar Tudo Congelar Painéis

Dividir Ocultar Reexibir

Exibir Lado a Lado Rolagem Sincronizada Redefinir Posição da Janela

Alterar Janelas

Macros

Macros

Janela

Grupo 4

**Atribuir valores para cada item avaliado (escala Likert):**

**1 - incompleto/insatisfatório**

**3 - razoável/bom**

**5- muito bom**

**VOLTAR/INÍCIO**

**Distribuição**

Evento Perigoso (causas de risco) - Distribuição canalizada. Operação e Distribuição canalizada	ITEM AVALIADO			
	Viabilidade (contexto brasileiro)	Redação (linguagem/terminologia)	Relevância (aspectos utilizados)	Sugestão/Comentário
1 Presença de ar na tubulação/ variação de pressão no sistema				
2 Tubulações de esgoto e de água muito próximas (contaminação cruzada)				
3 Contaminação da água por meio de canalização danificada				
4 Contaminação da água por meio de canalização exposta				
5 Formação de biofilme por falta de cloro (se aplicado)				
6 Práticas de higiene inadequadas durante reparo de tubulações				
7 Contaminação da água por corrosão de tubos e válvulas de ferro				
8 Existência de ponto de vazamento (perda de água)				
9 Não há análise de qualidade da água após limpeza e manutenção				

Pronto 56%

PlanilhaFinal\_23\_05\_19 - Excel

Entrar

Arquivo Página Inicial Inserir Layout da Página Fórmulas Dados Revisão Exibir Desenvolvedor Diga-me o que você deseja fazer Compartilhar

Normal Visualização da Quebra de Página Layout da Página Modos de Exibição Personalizados

Modos de Exibição de Pasta de Trabalho

Régua  Barra de Fórmulas

Linhas de Grade  Títulos

Mostrar

Zoom 100% Zoom na Seleção

Zoom

Nova Janela Organizar Tudo Congelar Painéis

Janela

Dividir Ocultar Reexibir

Exibir Lado a Lado Rolagem Sincronizada Redefinir Posição da Janela

Alternar Janelas

Macros

Macros

### Referências

[1] J. M. P. Vieira and C. Morais, "Planos de Segurança da Água para Consumo Humano em Sistemas Públicos de Abastecimento." Braga, p. 161, 2005.

[2] ITN-BUET, "Water Safety Plan for Handubewell in Rural Water Supply System," Bangladesh, 2006.

[3] L. Rondí, "The Water Safety Plan approach: elaboration, implementation and evaluation in rural contexts of sub-Saharan Africa," Brescia, 2014.

[4] B. Ye, Y. Chen, Y. Li, H. Li, L. Yang, and W. Wang, "Risk assessment and water safety plan: Case study in Beijing, China," J. Water Health, vol. 13, no. 2, pp. 510–521, 2015.

[5] R. J. de O. Braga, "Diretrizes para proposição de Planos de Segurança da Água em Sistemas de Abastecimento Municipais Goianos," Universidade Federal de Goiás, 2015.

[6] R. Beuken, M. Reinoso, S. Sturn, J. Kiefer, M. Bondelind, J. Aström, A. Lindhe, L. Losén, T. Petterson, I. Machenbach, E. Melin, T. Thorsen, B. Eikebrokk, P. Hokstad, J. Røstum, C. Niewersch, D. Kirchner, F. Kozisek, D. W. Gari, C. Swartz, and J. Menaia, "Identification and description of hazards for water supply systems," TECHNEAU, p. 79, 2008.

[7] M. Rouse, N. Pilgrim, and A. Nair, "Water Safety Plans for Rural Water Supply in India. Policy Issues and Institutional Arrangements," New Deli, 2010.

[8] B. Rickert, O. Schmoll, A. Rinehold, and E. Barrenberg, "Water safety plan: a field guide to improving drinking-water safety in small communities." p. 100, 2014.

[9] R. Garcia, R. Blanco, J. Anta, A. Naves, and J. Molinero, "Plan de seguridad del agua en los Campos de Refugiados Saharais en Tindouf (Argelia)," Ing. del Agua, vol. 22, no. 1, pp. 37–52, 2018.

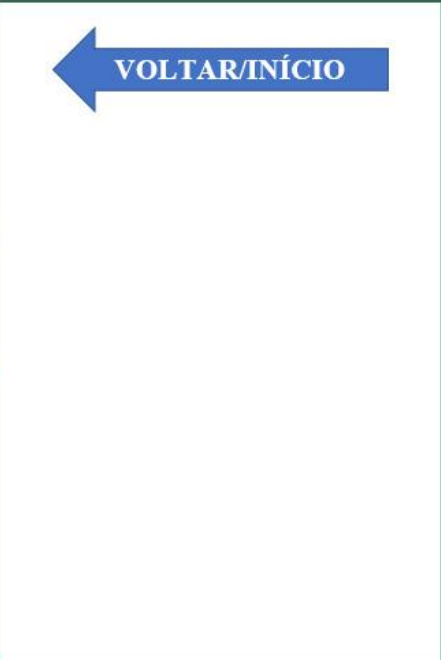
[10] P. C. da Silva, "Análise da Qualidade da Água no Sistema de Abastecimento de Itaipava/RJ, Visando a Implantação do Plano de Segurança da Água," Universidade Federal do Rio de Janeiro/RJ, 2013.

[11] A. Nijhawan, P. Jain, A. Sargaonkar, and P. Kumar Labhassetwar, "Implementation of water safety plan for a large-piped water supply system," Environ. Monit. Assess., vol. 186, no. 9, pp. 5557–5560, 2014.

[12] D. A. Z. Piamba, M. P. Lobo, and M. Pino, "Identificación, priorización y gestión de riesgos técnicos en el acueducto Gutierrez & Brawn (Coto Brus-Costa Rica) bajo el enfoque de Planes de Seguridad del Agua (fase I)," in Foro Nacional y Feria de Tecnología de Agua Potable y Saneamiento Integral: "Gestión de Riesgo y Desarrollo Sostenible" Red de Agua y Saneamiento de Nicaragua (RASNIC) Del 25 al 29 de noviembre de 2014, 2014, p. 11.

[13] Maynilad Water Services, "Water Safety Plan. Managing Drinking- Water Quality from Catchment to Consumer," no. 2. pp. 1–250, 2015.

[14] S. Sorlini, M. Biasibetti, A. Abbà, M. C. Collivignarelli, and S. Damiani, "Water Safety Plan for drinking water risk management: the case study of Mortara



Pronto

57%

## APÊNDICE B – BANCO DE DADOS DE VARIÁVEIS

**Quadro 1.** Etapa: Captação (C)

Componente: C1 Captação de água superficial				
Elemento: C1.1 Manancial superficial: rio; nascentes; lagos				
n.	Eventos perigosos (causa de risco)	Referência	Perigo	Medidas de Controle
1	Utilização de agrotóxicos e fertilizantes em torno da fonte de água (área de preservação permanente APP)	1-5	químico	Firmar acordo com os usuários para não permitir uso de substâncias perigosas perto da fonte (APP)
2	Falta de proteção (cerca imprópria), permitindo acesso de animais e pessoas	3-5,8	microbiológico; químico	Melhorar ou providenciar cercamento do local.
3	Falta de placa de aviso sobre captação	4	microbiológico; químico	Fixar placa de sinalização.
4	Abate de animais em torno da fonte (APP)	9	microbiológico	Realizar educação comunitária; comunicar órgãos responsáveis
5	Falha elétrica	1,5,6,9-11	físico	Realizar manutenção preventiva; utilizar, se possível, fontes alternativas de energia e geradores.
6	Disposição de resíduos sólidos em torno da fonte (APP) e/ou recebe seus lixiviados	1,2,5-7,10	microbiológico; químico	Realizar educação comunitária e colocação de coletores de resíduos sólidos ou outras medidas de destinação adequada.
7	Presença de latrina (fossa negra) até 30 metros da fonte ou a montante; contaminação fecal através de lixiviação de resíduos humanos ou de animais	2	microbiológico	Coibir defecação a céu aberto na comunidade; verificar distância de fossas; restringir quintais com animais perto da fonte (APP); cercar devidamente o local.
8	Ruptura/transbordo de barragem de rejeitos perto da fonte	1,5,6,10-14	microbiológico	Estabelecer medidas de alerta e emergência
9	Vandalismo ou ação terrorista (danificação de equipamentos, obstrução de operação e adição de químicos)	1,5,6,10,12-14	químico; físico; microbiológico	Realizar educação comunitária; controlar acesso na área de captação; realizar vigilância;
10	Presença de carcaças de animais ao redor da fonte (APP)	3	microbiológico	Realizar educação comunitária; promover limpeza a proteção adequada da área.
11	Ocorrência de inundação; inviabilização temporária na captação de água	1,3,6	microbiológico	Estabelecer medidas de alerta e prevenção
12	Presença de pessoas com comportamento inadequado e falta de higiene em torno da fonte (APP)	3	microbiológico	Realizar educação comunitária; promover a proteção adequada do local

(continua...)

(continuação)

**Quadro 1.** Etapa: Captação (C)

13	Presença de animais em torno da fonte (até 10 metros)	7	microbiológicos	Promover proteção adequada do local
14	Lavagem de roupas e banho na área de captação	3,7	microbiológicos	Realizar educação comunitária; viabilizar locais adequados para essas atividades.
15	Lançamento de efluentes na área de captação	1,10	microbiológico; químico	Realizar prevenção e fiscalização.
16	Lançamento inadequado de águas residuárias (domésticas ou industriais) em torno da fonte (APP)	1,5,6,10	microbiológico ;químico	Realizar educação comunitária; restringir atividades poluidoras na zona da captação.
17	Presença de necrochorume de cemitério em torno da fonte (APP)	1	microbiológico	Realizar prevenção e fiscalização.
18	Presença de rejeitos de mineradora em torno da fonte (APP)	1	químico; físico; microbiológico	Realizar prevenção e fiscalização.
19	Presença elevada de algas na área de captação	1,6	microbiológico	Analisar e coibir atividades potencialmente poluidoras em torno da fonte
20	Chuvas intensas com elevação na turbidez da água	1,5,6,13	Microbiológico; físico	Estabelecer medidas de alerta e prevenção
21	Falha mecânica e estrutural no sistema de captação	1,6	físico	Realizar manutenção preventiva, inspeções regulares e manter equipamentos reservas.
22	Ocorrência de seca e/ou cheias prolongadas, inviabilizando a captação	1,6	físico	Estabelecer medidas de alerta e emergência; garantir medidas de economia de água.
23	Entupimentos e/ou assoreamento na área de captação	5,15	físicos	Analisar e coibir atividades degradadoras do solo em torno da fonte; recuperar áreas de preservação permanente (APP)
24	Contaminação da água provocada por acidentes e/ou incêndios	1,6,10	microbiológico; químico	Realizar prevenção e fiscalização; estabelecer medidas de alerta e prevenção
25	Pesca intensiva ou piscicultura	6	microbiológico; químico	Realizar educação comunitária e medidas de prevenção e fiscalização
26	Erosão provocada por dragagem e areeiro em torno da fonte (APP)	6	físico; químico	Realizar educação comunitária e medidas de prevenção e fiscalização
27	Contaminação por água salina / água do mar	6	físico; químico	Garantir medidas de proteção ou tecnologias que assegurem a qualidade da água
28	Contaminação residual da água provocada pelo tráfego (carros, barcos, área de estacionamento, etc.)	6	físico; químico	Realizar prevenção e fiscalização; garantir medidas de proteção ou tecnologias que assegurem a qualidade da água
29	Contaminação da água provocada por atividade recreativa ou atividades afins	6	físico; químico	Realizar educação comunitária e medidas de prevenção e fiscalização

(continua...)



(continuação)

**Quadro 1.** Etapa: Captação (C)

<b>31</b>	Existência de outra fonte de poluição até 10 metros do poço	8	microbiológico; químico; físico	Assegurar que a área de captação esteja protegida de fontes poluidoras.
<b>32</b>	Presença elevada de peixes mortos ou outros animais na área de captação	Autor (2020)	microbiológicos	Comunicar órgãos responsáveis.

**Quadro 2.** Etapa: Captação (C)

<b>Componente: C2 Captação de água subterrânea</b>				
<b>Elemento: C2.1 Manancial subterrâneo: poço escavado (poço caipira)</b>				
<b>n.</b>	<b>Eventos perigosos (causa de risco)</b>	<b>Referência</b>	<b>Perigo</b>	<b>Medidas de Controle</b>
<b>1</b>	Entrada de água contaminada por meio de rachaduras, orifícios e equipamentos danificados	2,3	microbiológico	Promover proteção adequada para impedir a contaminação
<b>2</b>	Presença de água estagnada ao redor do poço (3 metros), devido à drenagem insuficiente	2,3,7,8	microbiológico	Garantir a drenagem adequada do local e reparar possíveis rachaduras
<b>3</b>	Entrada de água contaminada durante inundações	2	microbiológico	Assegurar que o poço esteja acima do nível de inundação; estabelecer drenagem e programa de emergência.
<b>4</b>	Contaminação no equipamento de saída do poço/torneiras	2,3,15	microbiológico	Realizar educação comunitária; garantir higienização na hora de coleta e desinfecção de equipamentos e torneiras.
<b>5</b>	Vandalismo ou ação terrorista (danificação de equipamentos, obstrução de operação e adição de químicos)	1,5,6,10,12-14	químicos; físicos; microbiológicos	Realizar educação comunitária; realizar vigilância.
<b>6</b>	Presença de latrina (fossa negra) ou local de defecação a menos de 10 metros do poço e/ou a montante	3,7,8	microbiológico	Respeitar distância mínima (10m) e não construir latrinas (fossa negra) em cota mais alta que os poços
<b>7</b>	Entrada de animais por meio de tampas ou orifícios.	3	microbiológico	Garantir o fechamento hermético do poço.
<b>8</b>	Ausência de proteção de concreto em volta do poço e/ou problema com canal de drenagem	3,8	microbiológico	Construir proteção de concreto (1 - 2 m)
<b>9</b>	Presença de animais ao redor do poço (até 10 metros)	3,7,8	microbiológico	Garantir proteção adequada do local
<b>10</b>	Presença de excrementos de animais ou humanos em torno do poço	1,3,6,7	microbiológico	Fixar placas de sinalização; melhorar condições e proteção da fonte.
<b>11</b>	Uso de agrotóxicos em torno da fonte de água	3,8,13	químico	Firmar acordo com os usuários para não permitir uso de substâncias perigosas perto da fonte
<b>12</b>	Ausência de tampa de proteção do poço, apresentando rachaduras ou insalubre	autor (2020)	microbiológico	Tampar o poço adequadamente e/ou reparar danos
<b>13</b>	Existência de cordas e baldes sujos ou em posições que favoreçam a contaminação	3,8,16	microbiológico	Utilizar cordas e baldes adequados e devidamente protegidos

(continua...)

(continuação)

**Quadro 2.** Etapa: Captação (C)

14	Ocorrência de poços sem parapeitos adequados	3	microbiológico	Construir poços com parapeito de pelo menos 1 metro
15	Presença de depósito de resíduos sólidos ao redor do poço e/ou recebe seus lixiviados (até 10 metros)	1,3,7	microbiológico; químico	Realizar educação comunitária; promover a proteção adequada.
16	Presença de carcaças de animais ao redor do poço	3	microbiológico	Realizar educação comunitária; promover a proteção adequada.
17	Presença de resíduos sólidos dentro do poço	3	microbiológico; químico	Realizar educação comunitária; promover a proteção adequada; vigilância
18	Limpeza e higiene inadequadas no poço	3	microbiológico; químico	Realizar educação comunitária; manter limpa a estrutura do poço.
19	Lavagem de roupas e banho perto do poço	3,7	microbiológico; químico	Realizar educação comunitária; viabilizar locais adequados para essas atividades.
20	Presença de cemitério a menos de 10 metros do poço e/ou presença de necrochorume	1,3	microbiológicos	Regularizar situação do cemitério e poço.
21	Presença de crianças com comportamento inadequado e falta de higiene ao redor do poço	3	microbiológico	Realizar educação comunitária; promover a proteção adequada
22	Presença de rejeitos de mineradora na fonte	1	químicos; físicos; microbiológicos	Realizar prevenção e fiscalização.
23	Lançamento de efluentes ou derramamentos acidentais	1,10	microbiológicos; químicos	Realizar prevenção e fiscalização.
24	Contaminação da água por poços abandonados	1,13	microbiológicos	Garantir proteção e recuperação da área
25	Existência de outra fonte de poluição até 10 metros do poço	8,13	microbiológicos; químicos; físicos	Realizar educação comunitária; promover a proteção adequada
26	Proteção de concreto em volta do topo do poço menor que 2 metros de diâmetro	8	microbiológicos	Garantir proteção adequada do local
27	Proteção de concreto em volta do topo do poço com rachaduras	8	microbiológicos	Garantir proteção adequada do local
28	Utilização de baldes diversos (não há recipiente específico) para retirada de água do poço	8	microbiológico	Realizar educação comunitária; fornecer recipiente específico para coleta de água no local

**Quadro 3.** Etapa: Captação (C)

<b>Componente: C2 Captação de água subterrânea</b>				
<b>Elemento: C2.2 Manancial subterrâneo: poço tubular semiartesiano</b>				
<b>n.</b>	<b>Eventos perigosos (causa de risco)</b>	<b>Referência</b>	<b>Perigo</b>	<b>Medidas de Controle</b>
1	Entrada de água contaminada por meio de rachaduras, orifícios e equipamentos danificados	2,3,8	microbiológico	Promover proteção adequada para impedir a contaminação; substituir equipamentos periodicamente.
2	Presença de água estagnada ao redor do poço, devido à drenagem insuficiente	2,7	microbiológico	Garantir a drenagem adequada do local e reparar possíveis rachaduras
3	Ingresso de água contaminada durante inundações	2	microbiológico	Assegurar que o poço esteja acima do nível de inundação; fornecer drenagem e programa de emergência.
4	Contaminação no equipamento de saída do poço	2,3	microbiológico	Educação comunitária; higienização na hora de coleta; desinfecção de equipamentos e torneiras.
5	Falha no sistema elétrico ou na bomba	9,11,14	físico	Uso de geradores
6	Vandalismo ou ação terrorista (danificação de equipamentos, obstrução de operação e adição de químicos)	1,5,6,10,12-14	químicos; físicos; microbiológicos	Realizar educação comunitária; vigilância.
7	Presença de latrina (fossa negra) ou local de defecação a menos de 10 metros do poço	3,7	microbiológico	Respeitar distância mínima (10m) e não construir latrinas (fossa negra) em cota mais alta que os poços
8	Entrada de animais por meio de tampas ou orifícios.	3	microbiológico	Garantir o fechamento hermético do poço.
9	Presença de excrementos de animais ou humanos em torno do poço	3,7	microbiológico	Placas de aviso; melhorar condições e proteção da fonte.
10	Uso de agrotóxicos em torno da fonte de água	3	químico	Firmar acordo com os usuários para não permitir uso dessas substâncias perto da fonte
11	Limpeza e higiene inadequadas no poço	3,8	microbiológico; químico	Educação comunitária; manter limpa a estrutura do poço.
12	Tubulações sujas	3	microbiológico	Manter higienização adequada dos tubos
13	Presença de depósito de resíduos sólidos ao redor do poço	3,7	microbiológico; químico	Educação comunitária; promover a proteção adequada.
14	Ausência de canal de drenagem em torno do mecanismo de bombeamento	8	microbiológicos; químicos	Promover proteção adequada para impedir a contaminação

(continua...)

(continuação)

**Quadro 3.** Etapa: Captação (C)

<b>15</b>	Presença de animais até 50 metros do poço.	8	microbiológicos; físicos	Promover proteção adequada para impedir a contaminação
<b>16</b>	A área da base do mecanismo de bombeamento é permeável	8	microbiológicos	Promover proteção adequada para impedir a contaminação
<b>17</b>	Existência de outra fonte de poluição até 10 metros do poço	8,13	microbiológicos; químicos; físicos	Realizar educação comunitária; promover a proteção adequada

**Quadro 4.** Etapa: Captação (C)

<b>Componente: C2 Captação de água subterrânea</b>				
<b>Elemento: C2.3 Manancial subterrâneo: poço tubular artesiano</b>				
<b>n.</b>	<b>Eventos perigosos (causa de risco)</b>	<b>Referência</b>	<b>Perigo</b>	<b>Medidas de Controle</b>
<b>1</b>	Entrada de água contaminada por meio de rachaduras, orifícios e equipamentos danificados	2,3,8	microbiológico	Promover proteção adequada para impedir a contaminação; substituir equipamentos periodicamente.
<b>2</b>	Presença de água estagnada ao redor do poço, devido à má drenagem	2,7	microbiológico	Garantir a drenagem adequada do local e reparar possíveis rachaduras
<b>3</b>	Entrada de água contaminada durante inundações	2	microbiológico	Assegurar que o poço esteja acima do nível de inundação; fornecer drenagem e programa de emergência.
<b>4</b>	Contaminação no equipamento de saída do poço	2,3	microbiológico	Educação comunitária; higienização na hora de coleta; desinfecção de equipamentos e torneiras.
<b>5</b>	Falha no sistema elétrico ou na bomba	9,11,14	físico	Uso de geradores
<b>6</b>	Vandalismo ou ação terrorista (danificação de equipamentos, obstrução de operação e adição de químicos)	1,5,6,10,12-14	químicos; físicos; microbiológicos	Realizar educação comunitária; vigilância.
<b>7</b>	Presença de latrina (fossa negra) ou local de defecação a menos de 10 metros do poço	3,7	microbiológico	Respeitar distância mínima (10m) e não construir latrinas (fossa negra) em cota mais alta que os poços
<b>8</b>	Entrada de animais por meio de tampas ou orifícios.	3	microbiológico	Garantir o fechamento hermético do poço.
<b>9</b>	Presença de excrementos de animais ou humanos em torno do poço	3,7	microbiológico	Placas de aviso; melhorar condições e proteção da fonte.
<b>10</b>	Uso de agrotóxicos em torno da fonte de água	3	químico	Firmar acordo com os usuários para não permitir uso dessas substâncias perto da fonte
<b>11</b>	Limpeza e higiene inadequadas no poço	3,8	microbiológico; químico	Educação comunitária; Manter limpa a estrutura do poço.
<b>12</b>	Tubulações sujas	3	microbiológico	Manter higienização adequada dos tubos
<b>13</b>	Presença de depósito de resíduos sólidos ao redor do poço	3,7	microbiológico; químico	Educação comunitária; promover a proteção adequada.
<b>14</b>	Ausência de canal de drenagem em torno do mecanismo de bombeamento	8	microbiológicos; químicos	Promover proteção adequada para impedir a contaminação

(continua...)

(continuação)

**Quadro 4.** Etapa: Captação (C)

<b>15</b>	Presença de animais até 50 metros do poço.	8	microbiológicos; físicos	Promover proteção adequada para impedir a contaminação
<b>16</b>	A área da base do mecanismo de bombeamento é permeável	8	microbiológicos	Promover proteção adequada para impedir a contaminação
<b>17</b>	Existência de outra fonte de poluição até 10 metros do poço	8,13	microbiológicos; químicos; físicos	Realizar educação comunitária; promover a proteção adequada

**Quadro 5.** Etapa: Captação (C)

Componente: C3 Armazenamento de água bruta Elemento: C3.1 Reservatório de água bruta				
n.	Eventos perigosos (causa de risco)	Referência	Perigo	Medidas de Controle
1	Presença de fezes de animais e aves na tampa do reservatório.	15,17	microbiológico	Manter galhos de árvores distantes; melhorar e ou providenciar cercamento do local.
2	Inundação da válvula por águas superficiais	17	microbiológico	Garantir proteção dos equipamentos
3	Desprendimento de biofilme	17	microbiológico	Realizar limpeza regular e drenagem do reservatório
4	Drenagem insuficiente e acúmulo de água	17	microbiológico	Melhorar drenagem da área
5	Conservação inadequada de reservatórios/reservatórios danificados	7,17	microbiológicos	Promover a recuperação do reservatório
6	Vandalismo ou ação terrorista (danificação de equipamentos, obstrução de operação e adição de químicos)	1,5,6,10,12-14	químicos; físicos; microbiológicos	Realizar educação comunitária; vigilância.
7	Infiltração/vazamento de água	10	microbiológicos	Reparar problemas
8	Perda de água no reservatório	1	físicos	Reparar problemas; estabelecer programa de detecção de perdas.
9	Acesso de animais ao reservatório	1	microbiológicos	Melhorar ou providenciar cercamento do local; realizar vigilância periódica.
10	Construção inadequada do reservatório	1	microbiológicos; físicos	Garantir materiais de qualidade e impermeabilização do reservatório.
11	Presença de algas	1,15	microbiológicos; físicos	Minimizar os tempos de retenção; ajustar a captação; observar tratamento



**Quadro 6:** Etapa: Captação (C)

<b>Componente: C3 Armazenamento de água bruta</b>				
<b>Elemento: C3.2 Reservatório de água de chuva: cisterna</b>				
<b>n.</b>	<b>Eventos perigosos (causa de risco)</b>	<b>Referência</b>	<b>Perigo</b>	<b>Medidas de Controle</b>
1	Acúmulo de fezes de animais e aves na tampa do reservatório	15,17	microbiológico	Manter galhos de árvores distantes; melhorar e ou providenciar cercamento do local.
2	Desprendimento de biofilme	17	microbiológico	Realizar limpeza regular e drenagem do reservatório
3	Vandalismo ou ação terrorista (danificação de equipamentos, obstrução de operação e adição de químicos)	1,5,6,10,12-14	químicos; físicos; microbiológicos	Realizar educação comunitária; vigilância.
4	Infiltração/vazamento de água	10	microbiológicos	Reparar problemas
5	Acesso de animais ao reservatório	1	microbiológicos	Promover proteção adequada e realizar vigilância periódica.
6	Construção inadequada do reservatório	1	microbiológicos; físicos	Garantir materiais de qualidade e impermeabilização do reservatório.
7	Crescimento anormal de algas	1	microbiológicos; físicos	Minimizar os tempos de retenção; ajustar a captação; observar tratamento

**Quadro 7.** Etapa: Tratamento (T)

<b>Componente: T1 Processo de tratamento</b>				
<b>Elemento: T1.1 Tratamento químico/físico</b>				
<b>n.</b>	<b>Eventos perigosos (causa de risco)</b>	<b>Referência</b>	<b>Perigo</b>	<b>Medidas de Controle</b>
<b>1</b>	Falta de controle na quantidade de produto químico e dosagem	1,3-6,9,10,15	microbiológico	Estabelecer instruções e metodologia para o uso correto; estabelecer registro para dosagens; estabelecer plano de manutenção e calibração.
<b>2</b>	Ausência de medidas de segurança no armazenamento de produtos químicos	4,6	químico; segurança	Estabelecer disposições de medidas de segurança.
<b>3</b>	Equipamento funcionando de forma irregular	1,4	microbiológico; químico	Realizar manutenção e calibração no equipamento, estabelecer procedimentos operacionais e treinamento pessoal; estabelecer plano de manutenção e calibração.
<b>4</b>	Cloro residual livre insuficiente (baixa dosagem)	3,13	microbiológico	Melhorar a desinfecção nos tanques
<b>5</b>	Excesso de cloro residual livre (alta dosagem)	3,6,13,14	químico	Controlar dosagem de cloro
<b>6</b>	Vandalismo ou ação terrorista (danificação de equipamentos, obstrução de operação e adição de químicos)	5,12-14	químicos; físicos; microbiológicos	Realizar educação comunitária; vigilância.

**Quadro 8.** Etapa: Tratamento (T)

Componente: T2 Armazenamento de água tratada Elemento: T2.1 Reservatório de água tratada				
n.	Eventos perigosos (causa de risco)	Referência	Perigo	Medidas de Controle
1	Acúmulo de fezes de animais e aves na tampa do reservatório	6,15,17	microbiológico	Manter galhos de árvores distantes; melhorar e ou providenciar cercamento do local.
2	Inundação da válvula por águas superficiais	17	microbiológicos	Garantir proteção dos equipamentos
3	Desprendimento de biofilme	17	microbiológicos	Realizar limpeza regular e drenagem do reservatório
4	Drenagem inadequada e acúmulo de água	17	microbiológicos	Melhorar drenagem da área
5	Reservatório de armazenamento está rachado ou com vazamentos	5-8,15,17	microbiológicos; físicos	Promover recuperação do reservatório
6	Vandalismo ou ação terrorista (danificação de equipamentos, obstrução de operação e adição de químicos)	1,6,10,12-14	químicos; físicos; microbiológicos	Realizar educação comunitária; vigilância.
7	Práticas inadequadas de higiene durante limpeza do reservatório	3,6	microbiológicos	Realizar educação comunitária; garantir boas práticas de higiene.
8	Infiltração/vazamento de água	10	microbiológicos	Reparar problemas
9	Estagnação da água devido ao baixo consumo, uso intermitente ou longos períodos sem uso	18	microbiológicos; químicos	Controlar cloração para evitar riscos
10	Área sem proteção ou danificada; acesso de animais e pessoas	1,8	microbiológicos	Promover proteção adequada e realizar vigilância periódica.
11	Corrosão de materiais de construção	1	químicos.	Garantir utilização de materiais de qualidade garantida
12	Acúmulo de biofilme	6	microbiológico	Realizar inspeções regulares e garantir práticas operacionais adequadas

**Quadro 9.** Etapa: Distribuição (D)

<b>Componente: D1 Distribuição canalizada</b>				
<b>Elemento: D1.1 Operação e distribuição canalizada</b>				
<b>n.</b>	<b>Eventos perigosos (causa de risco)</b>	<b>Referência</b>	<b>Perigo</b>	<b>Medidas de Controle</b>
<b>1</b>	Presença de ar na tubulação/ variação de pressão e intermitência na distribuição	1,3,6,9,10	microbiológico; físico	Identificar e cadastrar locais com problemas;
<b>2</b>	Presença de tubulações de esgoto e de água muito próximas (contaminação cruzada)	1,10,11,15,17,18	microbiológico; químico	Verificar normas e procedimentos corretos para instalação; pressão positiva na rede; programa de desinfecção emergencial.
<b>3</b>	Contaminação da água por meio de canalização danificada; mistura de água de outras fontes	3,7,10,11,17	microbiológico	Realizar reparo da canalização; utilizar tubos de melhor resistência
<b>4</b>	Contaminação da água por meio de canalização/rede exposta	8,15,17	microbiológico	Realizar reparo da canalização; verificar normas e procedimentos corretos para instalação.
<b>5</b>	Presença de biofilme	11	microbiológico	Monitorar níveis de cloro em pontos específicos do sistema
<b>6</b>	Práticas de higiene inadequadas durante reparo de tubulações	1,3,10	microbiológico	Empregar pessoas qualificadas e formação regular à equipe
<b>7</b>	Contaminação da água por corrosão de tubos e válvulas de ferro	3,6	químico	Substituir periodicamente tubulações
<b>8</b>	Existência de ponto de vazamento (perda de água)	1,8,10	microbiológicos	Reparar danos; utilizar materiais adequados; estabelecer programas de detecção de perdas.
<b>9</b>	Falta de monitoramento de qualidade da água após limpeza e manutenção.	4	microbiológico; químico	Estabelecer sistema de registros e relatórios de testes.
<b>10</b>	Contaminação da água por cimento proveniente de revestimentos ou durante novas instalações	6	químicos	Reparar danos; utilizar materiais adequados

**Quadro 10.** Etapa: Distribuição (D)

<b>Componente: D2 Veículo transportador</b>				
<b>Elemento: D2.1 Caminhões pipa e outros</b>				
<b>n.</b>	<b>Eventos perigosos (causa de risco)</b>	<b>Referência</b>	<b>Perigo</b>	<b>Medidas de Controle</b>
1	Corrosão de materiais	Autor (2020)	químicos	Garantir utilização de materiais de qualidade garantida
2	Conservação inadequada do tanque	Autor (2020)	microbiológicos	Promover a recuperação do recipiente ou substituição
3	Perda de água no tanque	Autor (2020)	físicos	Reparar problemas
4	Práticas inadequadas de higiene durante manipulação da água e de desinfecção do tanque	Autor (2020)	microbiológicos	Realizar educação comunitária; garantir boas práticas de higiene.
5	Contaminação no equipamento de saída do tanque	Autor (2020)	microbiológicos	Realizar educação comunitária; garantir higienização na hora de coleta e desinfecção de equipamentos e torneiras.
6	Contaminação da água por falta de tampa ou proteção inadequada	Autor (2020)	microbiológicos	Promover proteção adequada e realizar vigilância periódica.
7	Uso de tanque não exclusivo para transporte de água e/ou sem identificação	Especialistas (2020)	microbiológicos; químicos	Regularizar situação

**Quadro 11.** Etapa: Usuário (U)

Componente: U1 Utilização de água bruta ou tratada				
Elemento: U1.1 Coleta de água				
n.	Eventos perigosos (causa de risco)	Referência	Perigo	Medidas de Controle
1	Coleta com recipiente inadequado, danificado ou sujo	2,3,8,11	microbiológico	Realizar educação comunitária; limpeza regular do recipiente; substituição do tipo de recipiente.
2	Contaminação da água durante manipulação da água, por falta de higiene humana e animal	2,6	microbiológico	Realizar educação comunitária; garantir que o recipiente de coleta fique próximo da saída de água
3	Utilização de recipiente sem tampa	2,3,8	microbiológico	Realizar educação comunitária; garantir que o recipiente seja protegido por tampa
4	Torneira ou acessórios inadequados ou contaminados	3,8	microbiológico	Desinfetar regularmente torneiras e acessórios
5	Utilização de recipientes oriundos de armazenamento de produtos químicos	3	químico	Realizar educação comunitária; substituição de recipientes.
6	Vazamento na torneira	8	físicos	Reparar do dano
7	Presença de latrina (fossa negra) ou local de defecação a menos de 30 metros	8	microbiológicos	Assegurar que o local de coleta esteja seguro de fontes poluidoras
8	Uso de recipiente para coleta que água que também é utilizado para outros fins (materiais potencialmente poluidores)	8	microbiológicos; químicos	Realizar educação comunitária; garantir recipiente específico e higienizado para coleta

**Quadro 12.** Etapa: Usuário (U)

<b>Componente: U1 Utilização de água bruta ou tratada</b>				
<b>Elemento: U1.2 Armazenamento e manuseio domésticos</b>				
<b>n.</b>	<b>Eventos perigosos (causa de risco)</b>	<b>Referência</b>	<b>Perigo</b>	<b>Medidas de Controle</b>
<b>1</b>	Acesso de animais domésticos ao local de armazenamento de água	2,8	microbiológico	Realizar educação comunitária; garantir que a água no recipiente de armazenamento fique protegida e em níveis elevados
<b>2</b>	Utilização de recipientes sujos para armazenamento de água	2,3,7,8	microbiológico	Realizar educação comunitária; utilizar copos e recipientes limpos para consumir água
<b>3</b>	Manipulação da água sem higiene adequada	2,3,6,7,15	microbiológico	Realizar educação comunitária; utilizar copos e recipientes limpos para consumir água; evitar contato entre mãos e água.
<b>4</b>	Armazenamento em recipiente sem tampa e/ou danificados	3,6,7	microbiológico	Realizar educação comunitária; utilizar recipientes fechados
<b>5</b>	Ambiente sujo próximo ao local de armazenamento e/ou armazenamento próximo ao solo	3,8	microbiológico	Realizar educação comunitária; garantir higiene ambiental adequada.
<b>6</b>	Estagnação da água devido ao baixo consumo, distribuição intermitente ou longos períodos sem uso	3,6,18	microbiológico	Realizar educação comunitária; controlar cloração para evitar riscos; substituir água periodicamente.
<b>7</b>	Filtração com panos ou equipamentos sujos	3	microbiológico	Realizar educação comunitária; promover filtração adequada
<b>8</b>	Utilização de copos sujos para consumir água	3,8	microbiológico	Realizar educação comunitária; utilizar copos adequados e limpos para consumo de água
<b>9</b>	Utilização de recipientes oriundos de armazenamento de produtos químicos para armazenar ou beber a água	3	químico	Realizar educação comunitária; substituição de recipientes.
<b>10</b>	Falta de recipiente para consumir água	7	microbiológico	Providenciar recipientes adequados

## Referências das variáveis

1. Vieira, J. M. P. & Morais, C. Planos de Segurança da Água para Consumo Humano em Sistemas Públicos de Abastecimento. 161 (2005).
2. ITN-BUET. *Water Safety Plan for Handtubewell in Rural Water Supply System*. (2006).
3. Rondi, L. *The Water Safety Plan approach: elaboration, implementation and evaluation in rural contexts of sub-Saharan Africa*. (2014).
4. Ye, B. *et al.* Risk assessment and water safety plan: Case study in Beijing, China. *J. Water Health* **13**, 510–521 (2015).
5. Braga, R. J. de O. Diretrizes para proposição de Planos de Segurança da Água em Sistemas de Abastecimento Municipais Goianos. (Universidade Federal de Goiás, 2015).
6. Beuken, R. *et al.* Identification and description of hazards for water supply systems. *TECHNEAU* 79 (2008).
7. Rouse, M., Pilgrim, N. & Nair, A. *Water Safety Plans for Rural Water Supply in India. Policy Issues and Institutional Arrangements*. (2010).
8. Rickert, B., Schmoll, O., Rinehold, A. & Barrenberg, E. Water safety plan: a field guide to improving drinking-water safety in small communities. 100 (2014).
9. Garcia, R., Blanco, R., Anta, J., Naves, A. & Molinero, J. Plan de seguridad del agua en los Campos de Refugiados Saharais en Tindouf (Argelia). *Ing. del Agua* **22**, 37–52 (2018).
10. Silva, P. C. da. Análise da Qualidade da Água no Sistema de Abastecimento de Itaipava/RJ, Visando a Implantação do Plano de Segurança da Água. (Universidade Federal do Rio de Janeiro/RJ, 2013).
11. Nijhawan, A., Jain, P., Sargaonkar, A. & Kumar Labhassetwar, P. Implementation of water safety plan for a large-piped water supply system. *Environ. Monit. Assess.* **186**, 5557–5560 (2014).
12. Piamba, D. A. Z., Lobo, M. P. & Pino, M. Identificación, priorización y gestión de riesgos técnicos en el acueducto Gutierrez & Brawn (Coto Brus-Costa Rica) bajo el enfoque de Planes de Seguridad del Agua (fase I). in *Foro Nacional y Feria de Tecnología de Agua Potable y Saneamiento Integral: “Gestión de Riesgo y Desarrollo Sostenible” Red de Agua y Saneamiento de Nicaragua (RASNIC) Del 25 al 29 de noviembre de 2014* 11 (2014).
13. Maynilad Water Services. Water Safety Plan. Managing Drinking- Water Quality from Catchment to Consumer. 1–250 (2015).
14. Sorlini, S., Biasibetti, M., Abbà, A., Collivignarelli, M. C. & Damiani, S. Water Safety Plan for drinking water risk management: the case study of Mortara (Pavia, Italy). *Ambient. e Agua - An Interdiscip. J. Appl. Sci.* **12**, 513–526 (2017).
15. WHO. *Kampala Water Safety Plan Case Study*. (2005).
16. Brasil. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde (FUNASA). Manual de Saneamento. 642 (2015).
17. Godfrey, S., Niwagaba, C., Howard, G. & Tibatemwa, S. *Water Safety Plans for Utilities in Developing Countries-A case study from Kampala, Uganda*. (2014).



18. Pérez-Vidal, A., Amézquita-Marroquín, C. & Torres-Lozada, P. Water Safety Plans: Risk assessment for consumers in Drinking Water Supply Systems. *Ing. y Compet.* **15**, 237–251 (2013).

## APÊNDICE C – DOCUMENTOS PARA PARTICIPAÇÃO DE ESPECIALISTAS EM PESQUISA

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA URBANA

### CARTA EXPLICATIVA

Prezado Sr Diretor,

Eu, Rony Felipe Marcelino Corrêa, aluno de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana (PPGEU) da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), realizo pesquisa intitulada “Elaboração de Instrumento para Monitoramento de Riscos à Contaminação da Água em Comunidades Rurais: Estudo de Caso no Assentamento Horto Bueno de Andrada”, sob orientação da prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup>. Katia Sakihama Ventura, docente do Departamento de Engenharia Civil (DECiv).

O presente estudo busca a caracterização do sistema de abastecimento de água em comunidades rurais e identificação dos principais eventos perigosos que geram riscos à segurança da água nessas comunidades, a fim de desenvolver um instrumento eletrônico de acordo com diretrizes da Organização Mundial da Saúde (OMS) para elaboração do PSA. Essas informações serão agrupadas em um banco de dados para, posteriormente, serem inseridas em um software.

Entre os procedimentos metodológicos, está a consulta a oito (08) especialistas para que eles realizem a validação do banco de dados - elaborado durante a pesquisa.

Em anexo, está a folha de rosto para assinatura e carimbo, a qual necessito anexar no sistema ([plataformabrasil.saude.gov.br](http://plataformabrasil.saude.gov.br)) para iniciar a submissão do projeto ao Comitê de Ética em Pesquisas (CEP). Para melhor esclarecimento da pesquisa, deixo disponível o projeto de pesquisa em desenvolvimento, cujo término previsto é março de 2020.

Estou, juntamente com a orientadora, à disposição para quaisquer esclarecimentos (3351.9673 – sala docente e 997796785 – mestrando).

São Carlos, 27 de maio de 2019.

Rony Felipe Marcelino Corrêa  
Mestrando PPGEU  
[ronycorrea@hotmail.com](mailto:ronycorrea@hotmail.com)

Katia Sakihama Ventura  
Docente do DECiv  
[katiaventura@yahoo.com](mailto:katiaventura@yahoo.com) / [katiasv@ufscar.br](mailto:katiasv@ufscar.br)

## CARTA EXPLICATIVA PARA PARTICIPAÇÃO EM PESQUISA

Prezado(a) Especialista.

Eu, Rony Felipe Marcelino Corrêa, aluno de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana (PPGEU) da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), realizo pesquisa intitulada "Elaboração de Instrumento para Monitoramento de Riscos à Contaminação da Água em Comunidades Rurais: Estudo de Caso no Assentamento Horto Bueno de Andrada", sob orientação da prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup>. Katia Sakihama Ventura, docente do Departamento de Engenharia Civil (DECiv).

O presente estudo busca a caracterização do sistema de abastecimento de água em comunidades rurais e identificação dos principais eventos perigosos que geram riscos à segurança da água nessas comunidades, a fim de desenvolver um instrumento eletrônico de acordo com diretrizes da Organização Mundial da Saúde (OMS) para elaboração do PSA. Essas informações serão agrupadas em um banco de dados para, posteriormente, serem inseridas em um software.

### Orientações para sua participação

Você receberá um único arquivo em formato de planilha eletrônica (link de acesso: [https://drive.google.com/drive/folders/1-7X8hB75cC6FR4nzxfCgNeTh0i7e\\_EU4?usp=sharing](https://drive.google.com/drive/folders/1-7X8hB75cC6FR4nzxfCgNeTh0i7e_EU4?usp=sharing)).

O arquivo é composto por uma guia de planilha (aba) inicial com instruções referentes à avaliação e com cinco (05) botões de acesso às planilhas de avaliação e referências. As planilhas contêm aspectos a serem avaliados pelos especialistas, com o seguinte conteúdo:

- **Botão "Grupo 1":** Conjunto de variáveis para "Captação de Água Superficial". Avaliar de forma individual as variáveis elencadas para o elemento - Água superficial: rios, nascente; lagos.
- **Botão "Grupo 2":** Conjunto de variáveis para "Captação de Água Subterrânea". Avaliar de forma individual as variáveis elencadas para os elementos - Poço escavado (poço caipira). Poço tubular semiartesiano. Poço tubular artesiano.
- **Botão "Grupo 3":** Conjunto de variáveis para "Armazenamento de Água bruta" e "Processo de Tratamento". Avaliar de forma individual as variáveis elencadas para os elementos - Reservatório de água bruta; Reservatório de água de chuva: cisterna; Tratamento químico/físico; Reservatório de água tratada.
- **Botão "Grupo 4":** Conjunto de variáveis para "Distribuição" e "Utilização de água bruta ou tratada". Avaliar de forma individual as variáveis elencadas para os elementos - Operação e Distribuição canalizada; Caminhões pipa e outros; Coleta de água; Armazenamento e manuseio domésticos.
- **Botão "Referências":** Contém todas referências utilizadas para elaboração das variáveis.

A metodologia para validação do banco de dados será realizada de acordo com a escala de tipo *Likert* com pontuação de 1 - incompleto / insatisfatório; 3 - razoável / bom e, 5 - muito bom.

Desta forma, cada item avaliado (variável) terá como resultado a média aritmética dos critérios (viabilidade, redação e relevância) e este valor será adotado para compor a média dos especialistas.

A média das respostas atribuídas pelos especialistas serão analisadas por meio de uma escala em três níveis:

Escala de resposta (média)	
i. Item precisa de grande revisão e alteração	Valores médios: 0 - 1,9
ii. Item pode precisar de pequena alteração	Valores médios: 2 - 3,9
iii. Item não precisa ser modificado	Valores médios: 4 - 5

Os procedimentos para sua avaliação são compostos por duas etapas:

**Primeira etapa:** Na guia de planilha inicial do arquivo Excel, clicar no botão referente ao seu grupo de especialistas (Grupo 1; Grupo 2; Grupo 3; Grupo 4). Realizar a avaliação de cada variável dos elementos analisados de acordo com as seguintes pontuações: 1 – incompleto/insatisfatório; 3 – razoável/bom; 5 – muito bom. Cada planilha de avaliação por grupo contém quatro (04) campos para serem preenchidos: viabilidade (contexto brasileiro); redação (linguagem/terminologia); relevância (aspectos utilizados) e sugestão/comentário (caso necessite). Os campos/células deverão ser preenchidos para todos os itens (variáveis).

**Segunda etapa:** Após preenchimento de todos itens, o arquivo deverá ser encaminhado para o email dos pesquisadores (ronycorrea@hotmail.com e katiaventura@yahoo.com). Os pesquisadores acusarão o recebimento do arquivo em até um dia útil, após seu recebimento.

Com a confirmação de recebimento da planilha Excel, os pesquisadores aguardarão 30 dias para o recebimento do arquivo com as respostas. Passados 30 dias, os pesquisadores farão contato telefônico para identificar possíveis falhas de envio ou dificuldades de recebimento ou preenchimento do documento.



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA**  
**PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA URBANA**

**TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

(Resolução 510/2016 do CNS)

**ELABORAÇÃO DE INSTRUMENTO PARA MONITORAMENTO DE RISCOS À CONTAMINAÇÃO DA  
 ÁGUA EM COMUNIDADES RURAIS: ESTUDO DE CASO NO ASSENTAMENTO HORTO BUENO DE  
 ANDRADA**

Eu, Rony Felipe Marcelino Corrêa, estudante do Programa de Pós Graduação em Engenharia Urbana (PPGEU) da Universidade Federal de São Carlos – UFSCar o (a) convido a participar da pesquisa “Elaboração de instrumento para monitoramento de riscos à contaminação da água em comunidades rurais: Estudo de caso no assentamento Horto Bueno de Andrada”, sob orientação da Profª Drª Katia Sakihama Ventura.

O Plano de Segurança da Água (PSA) é um instrumento com abordagem preventiva para garantir segurança da qualidade da água para os consumidores. Nas comunidades rurais, em muitos casos, as fontes de água estão localizadas longe das residências, exigindo coleta e transporte da fonte até o ponto de uso. Com isto, é comum constatar baixa qualidade microbiológica da água nos locais de uso (residência), o que indica que há contaminação durante coleta, transporte e armazenamento de água.

O presente estudo busca a caracterização do sistema saneamento em comunidades rurais e identificação dos principais eventos perigosos que geram riscos à segurança da água nessas comunidades, a fim de desenvolver um instrumento eletrônico de acordo com diretrizes da Organização Mundial da Saúde (OMS) para elaboração do PSA. Essas informações serão agrupadas em um banco de dados para, posteriormente, serem inseridas em um software. O banco de dados é composto por conjunto de variáveis de eventos perigosos potenciais, os quais estão distribuídos por diferentes etapas e elementos do abastecimento de água em comunidades rurais.

Você foi selecionado (a) por ser um profissional que atende algum dos critérios básicos de seleção, tais como: profissional que desempenha atividades relacionadas ao saneamento rural; pesquisador ou funcionário de empresa de saneamento com experiência em PSA; ter publicado trabalhos sobre o tema nos últimos 10 anos.

Como especialista, você será integrante do Grupo \_\_\_ para analisar os aspectos pertinentes ao Quadro 1. Sua avaliação será realizada por meio de planilha eletrônica, a qual será enviada por e-mail e estará disponível no link: [https://drive.google.com/drive/folders/1-7X8hB75c6FR4nzcfcgNcTh0i7e\\_EU4?usp=sharing](https://drive.google.com/drive/folders/1-7X8hB75c6FR4nzcfcgNcTh0i7e_EU4?usp=sharing).

A planilha contém informações com orientações sobre a avaliação.

**Quadro 1. Aspectos avaliados por grupo de especialistas.**

<b>Especialistas</b>	<b>Aspectos do conteúdo a ser avaliado</b>
<b>Grupo 1</b>	Conjunto de variáveis para “Captação de Água Superficial”. Avaliar de forma individual as variáveis elencadas para o elemento: ✓ Água superficial: rios, nascente; lagos.
<b>Grupo 2</b>	Conjunto de variáveis para “Captação de Água Subterrânea”. Avaliar de forma individual as variáveis elencadas para os elementos: ✓ Poço escavado (poço caipim). ✓ Poço tubular semiartesiano. ✓ Poço tubular artesiano.
<b>Grupo 3</b>	Conjunto de variáveis para “Armazenamento de Água bruta” e “Processo de Tratamento”. Avaliar de forma individual as variáveis elencadas para os elementos: ✓ Reservatório de água bruta. ✓ Reservatório de água de chuva: sistema. ✓ Tratamento químico/físico. ✓ Reservatório de água tratada.

(continua...)

(continuação)

**Quadro 1. Aspectos avaliados por grupo de especialistas.**

<b>Grupo 4</b>	Conjunto de variáveis para "Distribuição" e "Utilização de água bruta ou tratada". Avaliar de forma individual as variáveis elencadas para os elementos:
	✓ Operação e Distribuição canalizada.
	✓ Caminhões pipa e outros.
	✓ Coleta de água.
	✓ Armazenamento e manuseio domésticos.

Embora os riscos de sua participação na pesquisa sejam mínimos, as questões a serem avaliadas por você não serão invasivas. Entretanto, podem ocorrer certos desconfortos, tais como estresse, cansaço, ansiedade ou aborrecimento ao avaliar os dados, e falta de compreensão dos termos adotados. Diante dessas situações, os participantes poderão interromper temporariamente ou de forma definitiva a avaliação. Para isto, o pesquisador recomenda que sejam feitos intervalos de tempo definidos a seu critério para minimizar tais riscos. Além disto, o pesquisador deixa os contatos (email e celular) para quaisquer dúvidas que você tenha sobre o presente estudo.

A pesquisa traz benefícios ao meio científico, devido à compreensão dos aspectos inerentes ao saneamento rural, os impactos ambientais pela prática do morador/arrendatário no campo, medidas que minimizam tais problemas e auxilia a apresentação de indicadores para o setor. Sua participação traz como benefício a validação de indicadores inexistentes no meio rural e que possibilitam a elaboração do PSA.

Sua participação é voluntária e não haverá compensação em dinheiro pela sua participação. A qualquer momento o (a) senhor (a) pode desistir de participar e retirar seu consentimento. Sua recusa ou desistência não lhe trará qualquer prejuízo profissional, seja em sua relação ao pesquisador, à Instituição em que trabalha ou à UFSCar.

Como esta consulta será realizada por email, você não necessita de impressões ou investimentos financeiros para subsidiar sua participação. Assim, se houver necessidade de ressarcimentos, está garantido seu direito. Caso surjam danos decorrentes desta pesquisa, está garantida sua indenização por parte do pesquisador.

Você receberá uma via deste termo, rubricada em todas as páginas pelo pesquisador, onde consta o telefone e o endereço para contato. Você poderá tirar suas dúvidas sobre o projeto e sua participação agora ou a qualquer momento pelo telefone (016) 99779-6785 ou comparecer junto ao Departamento de Engenharia Civil (DECiv) da UFSCar, no laboratório de Saneamento, de segunda-feira à sexta-feira, das 9h às 12h.

**Declaro que entendi os objetivos, riscos e benefícios de minha participação na pesquisa e concordo em participar. O pesquisador me informou que o projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da UFSCar que funciona na Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa da Universidade Federal de São Carlos, localizada na Rodovia Washington Luiz, Km. 235 - Caixa Postal 676 - CEP 13.565-905 - São Carlos - SP – Brasil. Fone (16) 3351-9683. Endereço eletrônico: [cephumanos@ufscar.br](mailto:cephumanos@ufscar.br)**

**Endereço para contato (24 horas por dia e sete dias por semana):**

Pesquisador Responsável: Rony Felipe Marcelino Corrêa

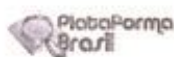
Endereço: Rua Professor José Ferraz de Camargo, 181, Vila Celina, São Carlos, SP.

Contato telefônico: (16) 997796785 - e-mail: [ronycorrea@hotmail.com](mailto:ronycorrea@hotmail.com)



São Carlos-SP, \_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2019.

\_\_\_\_\_  
Rony Felipe Marcelino Corrêa  
Assinatura do Pesquisador





## FOLHA DE ROSTO PARA PESQUISA ENVOLVENDO SERES HUMANOS

1. Projeto de Pesquisa: Elaboração de instrumento para monitoramento de riscos à contaminação da água em comunidades rurais: estudo de caso no assentamento Horlo Bueno de Andrade			
2. Número de Participantes da Pesquisa: 8			
3. Área Temática:			
4. Área do Conhecimento: Grande Área 3. Engenharias			
<b>PESQUISADOR RESPONSÁVEL</b>			
5. Nome: RONY FELIPE MARCELINO CORREA			
6. CPF: 055.304.786-89		7. Endereço (Rua, n.º): PROFESSOR JOSE FERRAZ CAMARGO VILA CELINA apartamento SAO CARLOS SAO PAULO 13566440	
8. Nacionalidade: BRASILEIRO	9. Telefone: 18997796785	10. Outro Telefone:	11. Email: ronycorrea@hotmail.com
Termo de Compromisso: Declaro que conheço e cumprirei os requisitos da Resolução CNS 466/12 e suas complementares. Comprometo-me a utilizar os materiais e dados coletados exclusivamente para os fins previstos no protocolo e a publicar os resultados sejam eles favoráveis ou não. Aceito as responsabilidades pela condução científica do paramProjeto acima. Tenho ciência que essa folha será anexada ao paramProjeto devidamente assinada por todos os responsáveis e fará parte integrante da documentação do mesmo.			
Data: <u>31</u> / <u>05</u> / <u>2019</u>		 Assinatura	
<b>INSTITUIÇÃO PROPONENTE</b>			
12. Nome: Universidade Federal de São Carlos/UFSCar		13. CNPJ:	14. Unidade/Orgão: Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia
15. Telefone: (16) 3351-9738	16. Outro Telefone:		
Termo de Compromisso (do responsável pela instituição): Declaro que conheço e cumprirei os requisitos da Resolução CNS 466/12 e suas Complementares e como esta instituição tem condições para o desenvolvimento deste projeto, autorizo sua execução.			
Responsável: <u>GUILLERMO A. LOBOS VILLAGRA</u> CPF: <u>168 377.318-74</u>			
Cargo/Função: <u>VICE-DIRETOR DO CCET</u>			
Data: <u>31</u> / <u>05</u> / <u>2019</u>		 Prof. Dr. Guillermo Antonio Lobos Villagra Vice-Diretor - CCET/UFSCar Assinatura	
<b>PATROCINADOR PRINCIPAL</b>			

## ANEXO A – COMPROVANTE DE ENVIO DE DOCUMENTOS AO CEP DA UFSCAR



### COMPROVANTE DE ENVIO DO PROJETO

#### DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** Elaboração de instrumento para monitoramento de riscos à contaminação da água em comunidades rurais: estudo de caso no assentamento Horto Bueno de Andrada

**Pesquisador:** RONY FELIPE MARCELINO CORREA

**Versão:** 1

**CAAE:** 14914919.9.0000.5504

**Instituição Proponente:** Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia

#### DADOS DO COMPROVANTE

**Número do Comprovante:** 065386/2019

**Patrocinador Principal:** Universidade Federal de São Carlos/UFSCar

Informamos que o projeto Elaboração de instrumento para monitoramento de riscos à contaminação da água em comunidades rurais: estudo de caso no assentamento Horto Bueno de Andrada que tem como pesquisador responsável RONY FELIPE MARCELINO CORREA, foi recebido para análise ética no CEP UFSCar - Universidade Federal de São Carlos em 03/06/2019 às 10:22.

<b>Endereço:</b> WASHINGTON LUIZ KM 235	<b>CEP:</b> 13.565-905
<b>Bairro:</b> JARDIM GUANABARA	
<b>UF:</b> SP	<b>Município:</b> SAO CARLOS
<b>Telefone:</b> (16)3351-9685	<b>E-mail:</b> cephumanos@ufscar.br



## ANEXO B – PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP DA UFSCAR



### PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

#### DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** Elaboração de instrumento para monitoramento de riscos à contaminação da água em comunidades rurais: estudo de caso no assentamento Horto Bueno de Andrada

**Pesquisador:** RONY FELIPE MARCELINO CORREA

**Área Temática:**

**Versão:** 1

**CAAE:** 14914919.9.0000.5504

**Instituição Proponente:** Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia

**Patrocinador Principal:** Universidade Federal de São Carlos/UFSCar

#### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 3.408.591

#### Apresentação do Projeto:

: O projeto intitulado "Elaboração de instrumento para monitoramento de riscos à contaminação da água em comunidades rurais: estudo de caso no assentamento Horto Bueno de Andrada" foi bem estruturado em revisão bibliográfica e concepção metodológica, demonstrando sua relevância para a área de conhecimento.

#### Objetivo da Pesquisa:

Quanto ao objetivo, o pesquisador esclarece no Projeto de Pesquisa, assim como TCLE que "O presente estudo tem como objetivo geral a caracterização do sistema de saneamento em comunidades rurais e identificação dos principais eventos perigosos que geram riscos à segurança da água nessas comunidades, a fim de desenvolver um instrumento eletrônico de acordo com diretrizes da Organização Mundial da Saúde (OMS) para elaboração do PSA".

#### Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Quanto aos riscos, no TCLE, o pesquisador esclarece que "Embora os riscos da participação na pesquisa sejam mínimos, as questões a serem avaliadas pelos pesquisadores não serão invasivas. Entretanto, podem ocorrer certos desconfortos, tais como estresse, cansaço, ansiedade ou aborrecimento ao avaliar os dados, e falta de compreensão dos termos adotados. Diante dessas situações, os participantes poderão interromper temporariamente ou de forma definitiva a avaliação. Para isto, recomenda-se que sejam feitos intervalos de tempo definidos ao critério do

**Endereço:** WASHINGTON LUIZ KM 235

**Bairro:** JARDIM GUANABARA

**CEP:** 13.565-905

**UF:** SP

**Município:** SAO CARLOS

**Telefone:** (16)3351-9685

**E-mail:** cephumanos@ufscar.br