



EDER GALDINO FURTADO JÚNIOR

**CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE DRENAGEM DO
MANANCIAL DE ABASTECIMENTO DE LUMINÁRIAS, MG
E INFLUÊNCIA NA TURBIDEZ DA ÁGUA BRUTA**

LAVRAS-MG

2021

EDER GALDINO FURTADO JÚNIOR

**CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE DRENAGEM DO MANANCIAL DE
ABASTECIMENTO DE LUMINÁRIAS, MG E INFLUÊNCIA NA TURBIDEZ DA
ÁGUA BRUTA**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, para obtenção do título de Bacharel.

Dra. Camila Silva Franco
Orientadora

Dra. Vanessa Alves Mantovani
Coorientadora

LAVRAS
Novembro/2021

AGRADECIMENTOS

A minha família por todo apoio, em especial minha mãe Solange Maria Bento e meu irmão Alex Marques Galdino Furtado.

Aos meus amigos de infância que sempre estiveram ao meu lado.

A todos os amigos, colegas e funcionários da UFLA, em especial ao meu amigo Cassiano Ronald Meirelles de Paula por todo companheirismo nesses anos de UFLA.

As escolas “Francisco Diniz ” e “ Professor Fábregas ”, onde dei meus primeiros passos na vida acadêmica .

A professora Camila Silva por todos os conselhos e paciência

A CAPES e ao CNPq pelos dois anos de bolsa de iniciação científica.

A todos os professores do DEG /UFLA.

A UFLA por fazer esse sonho se tornar realidade

MUITO OBRIGADO!

RESUMO

A água é um recurso natural abundante e essencial para a existência de vida na Terra. Mas para que esteja apta para o consumo humano, a água captada deve passar por processos de tratamento. Existem várias técnicas de tratamento e os principais fatores que implicam na escolha são: a natureza da água bruta e a qualidade desejada da água após o tratamento, para atender aos padrões de potabilidade. O município de Luminárias - MG capta água de manancial superficial, o qual é destinado a uma Estação de Tratamento de Água (ETA) de ciclo completo (coagulação, floculação, decantação e desinfecção). A hipótese é de que a qualidade da água deste manancial possibilite tratamento mais simplificado. Portanto, objetivou-se neste trabalho a turbidez deste manancial de captação no período de chuva, bem como do uso e ocupação do solo da área de drenagem ao ponto de captação, a fim de realizar uma predefinição do tratamento de água necessário. Para tal, foram realizadas 68 análises de turbidez entre os meses de novembro de 2020 a janeiro de 2021. A área de drenagem ao ponto de captação foi determinada com base nas cartas de curvas de nível e hidrografia disponível no IDE SISEMA e o uso e ocupação do solo que foram obtidos a partir dos dados disponibilizados pela ESRI. A turbidez média do período de chuva analisado foi de 2,57 UNT e a máxima de 32 UNT. A área da bacia hidrográfica é composta por 72% de pastagem, 11% de vegetação densa, 7,94% de vegetação rasteira e 7,4 % de cultivo de milho. Além disso, não há lançamento pontual de efluentes nesse manancial. A turbidez permaneceu menor que 5 UNT em 95% das análises, atendendo ao padrão de potabilidade, no entanto, em um dia de chuva não superou 40 UNT, valor máximo indicado para filtração direta. Os riscos de contaminação pelo uso e ocupação da área de drenagem consiste em microrganismos patogênicos provenientes de áreas de pastagem e agrotóxicos aplicados no cultivo do milho. Neste contexto, sugere-se tratamento mínimo por filtração com tripla camada, contendo carvão ativado, seguido de desinfecção, ou seja, os processos de coagulação podem ser dispensados, no entanto, com já estão instalados, sugere-se ensaios de JarTest para definição da qualidade mínima de coagulantes a ser aplicada e redução dos custos de tratamento. Para a área de drenagem o ideal seria o cultivo e manutenção de matas ciliares com o objetivo de evitar assoreamentos, contribuindo com a qualidade dos recursos hídricos do curso d'água.

Palavras chaves: Tratamento de água, Abastecimento de água, Saneamento

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Sistema de abastecimento de água	13
Figura 2- Smartphone utilizado como turbidímetro	14
Figura 3- Processo de tratamento de água	18
Figura 4- Mapa de localização do município de Luminárias-MG.....	19
Figura 5- Manancial de captação e sistema de adução da água bruta.....	20
Figura 6– Estrutura de captação.....	20
Figura 7- Estação de tratamento de água Luminárias-MG	21
Figura 8- Gráfico dos valores de turbidez e parâmetros de potabilidade	22
Figura 9-Bacia hidrográfica e uso e ocupação do solo	25
Figura 10- Vista aérea do ponto de captação.....	26

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Padrões de turbidez	15
Tabela 2. Usos e ocupação do solo na área de drenagem do captação de água de abastecimento do município de Luminárias, MG.....	24

APÊNDICE

Apêndice A.....	32
-----------------	----

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	7
2 OBJETIVOS	9
2.1 Objetivo geral	9
2.2 Objetivos específicos	9
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	10
3.1 Saneamento básico.....	10
3.2 Turbidez nas águas naturais	13
3.3 Tecnologias de tratamento de água.....	15
4 METODOLOGIA	18
4.1 Características da área de estudo	18
4.1.1 Sistema de abastecimento de água de Luminárias.....	19
4.2 Análise do uso e ocupação do solo da área de drenagem do ponto de captação de água.....	21
4.3 Avaliação da turbidez da água bruta de Luminárias, MG	21
5 RESULTADOS DE DISCUSSÃO.....	19
5.1 Turbidez e tratamento da água.....	22
5.2 Análise do uso e ocupação do solo da área de drenagem do ponto de captação.....	23
6 CONCLUSÃO.....	27
REFERÊNCIAS.....	28

1 INTRODUÇÃO

A água é um bem renovável, mas o comprometimento de sua qualidade pode comprometer seu uso. Para o consumo humano, deve passar por processos de tratamentos para que sejam atendidos os parâmetros estabelecidos pela Portaria nº 888 do Ministério da Saúde para seu consumo e distribuição (BRASIL 2020). Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2012) no ano de 2017, ainda havia 9,6 milhões de domicílios, 13,9% deles sem acesso à rede de água encanada no País. Os dados são da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2017, com informações de todas as prestadoras de serviços de abastecimento de água e coleta de esgoto, levantadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Quando se trata da zona rural a situação se complica ainda mais, tendo a distância de estações de tratamento e o preço elevado para a distribuição como principais empecilhos.

Segundo RIBEIRO (2015) mananciais são quaisquer corpos d'água potável, que venham a ser utilizados para o consumo humano, animal e vegetal, para o abastecimento das cidades ou para o funcionamento dos setores de produção, como fábricas, plantações, criação de animais, entre outros. As águas nos mananciais podem ser captadas de duas formas, superficial ou subterrânea, a sua manutenção e preservação são de fundamental importância, pois interfere diretamente na qualidade e quantidade da água. Fatores como a solubilidade dos sais (ação natural), com nutrientes e transporte de sedimentos (ação antrópica), sendo o principal fator a geologia da região são os principais aspectos que influenciam na qualidade da água (ANDRADE, 2007) solubilidade dos sais (ação natural), com nutrientes e transporte de sedimentos (ação antrópica), sendo o principal fator a geologia da região.

Segundo a Portaria nº 888 de 4 de maio de 2021 o valor máximo permitido (VMP) para a turbidez é de 5 UNT em qualquer ponto da rede de distribuição e é obrigatória a manutenção de, no mínimo, 0,2 mg/L de cloro residual livre ou 2 mg/L de cloro residual combinado ou de 0,2 mg/L de dióxido de cloro em toda a extensão do sistema de distribuição (reservatório e rede) e nos pontos de consumo. Para águas com turbidez inferiores a 40 UNT o tratamento mínimo necessário é a desinfecção e correção do pH, além de filtração procedida ou não de decantação (NBR12216).

O tratamento de água é composto pelas etapas de captação, adução, coagulação, floculação, filtração, desinfecção, fluoretação e armazenamento. A água é captada nos mananciais, podendo ser superficiais ou subterrâneos, e conduzida para a ETA por tubulações, nos processos de captação e adução. Ao chegar na ETA a água bruta será submetida aos processos de tratamento de água que se inicia pela coagulação(mistura rápida), essa etapa

consiste na desestabilização e agrupamento dos colóides provocada por um agente coagulante, como o sulfato de alumínio, seguindo para a etapa de floculação (mistura lenta) que consiste na formação efetiva dos flocos. Os flocos formados são separados da água nos decantadores pela ação da gravidade. Impurezas ainda presentes na água após a decantação são removidas nos filtros, os filtros são constituídos de um meio poroso granular, normalmente areia, com uma ou mais camadas. A desinfecção é o processo onde ocorre a inibição de microrganismos patogênicos por um agente desinfetante, o cloro é o mais usado. A fluoretação, adição de flúor na água, é utilizada com a finalidade de atuar no combate da cárie dentária. O reservatório, etapa final, tem a função de suprir variações horárias de consumo e fornecer pressão para a rede de distribuição, finalizando o tratamento de água (Meneses, 2019).

O município de Luminárias, MG, instalou, recentemente, uma estação de tratamento de água (ETA) de ciclo completo, constituída pelas unidades de mistura rápida para o processo de coagulação, mistura lenta para floculação, decantador, filtros e tanque de desinfecção. No entanto, a hipótese neste trabalho está pautada na possibilidade de tratamento simplificado, dada a qualidade da água captada e a preservação da área de drenagem, estudos que não foram realizados previamente à implantação da ETA e que podem reduzir os custos com o tratamento.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar a turbidez da água bruta que abastece a estação de tratamento de água (ETA) do município de Luminárias - MG visando identificar o tipo de tratamento mais adequado e de menor custo, bem como realizar um estudo do uso e ocupação do solo na área de drenagem ao ponto de captação.

2.2 Objetivos específicos

- Avaliar a turbidez da água bruta do município de Luminárias - MG
- Realizar análise do uso e ocupação do solo da área de drenagem ao ponto de captação;
- Identificar riscos de contaminação do manancial e potencial de preservação;
- Definir o método de tratamento de água para consumo humano mais eficiente e viável para Luminárias

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Saneamento básico

Segundo a Lei 11.445/07, saneamento básico é o conjunto de serviços de infraestruturas e instalações operacionais de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos e manejo das águas pluviais urbanas (BRASIL, 2007), os quais são essenciais para a promoção da saúde pública (SEVERINA et al. 2013).

Apesar da água ser essencial à vida, ela pode transportar substâncias e microrganismos prejudiciais para a saúde. Segundo Florençano (2014), antigas civilizações do Nilo, Tigres - Eufrates, Creta e Índia, apresentam indícios de que, desde tempos antigos, já se apresentava a preocupação com a qualidade e a captação da água destinada ao consumo humano, a fim de torná-la mais acessível levando em consideração a sua potabilidade.

A melhor forma de se promover o abastecimento de água e a coleta e tratamento de esgoto e resíduos sólidos é a solução coletiva, ou seja, captação e tratamento amplo e descentralizado para diversos domicílios e empreendimentos aglomerados em uma zona urbana. No entanto, para comunidades, residências e empreendimentos rurais que se encontram afastados da zona urbana, a solução individual é mais econômica, em função das distâncias a serem percorridas pela tubulação de distribuição.

O investimento em saneamento básico no Brasil ocorreu em períodos específicos, com destaque para as décadas de 1970 e 1980. Sendo assim o Brasil ainda está marcado por uma grande desigualdade e carência desse serviço, principalmente quando se trata da coleta e tratamento de esgoto (LEONETI, 2011). Ambientes poluídos, destinação inadequada de resíduos e a má qualidade da água são fatores que potencializam a proliferação de doenças. Um novo levantamento do Instituto Trata Brasil aponta que, em 2019, foram 273 mil internações e 2 734 mortes provocadas por doenças de veiculação hídrica (PINHEIRO, 2021). Quanto melhor o serviço de saneamento menor será as internações por doenças hídricas (UHR, 2016).

O Brasil ocupa a 112ª posição em um conjunto de 200 países quando o assunto é saneamento básico. Norte e Nordeste são as regiões brasileiras onde o saneamento é mais escasso. Em contrapartida as regiões Sul e Sudeste apresentam melhorias em alguns serviços, principalmente o de gestão de resíduos sólidos e limpeza pública, tendo destaque para o ano

de 2010 onde menos de 30% de resíduos sólidos urbanos foram destinados aos lixões (COSTA, 2018).

Segundo o Novo Atlas do Saneamento no Brasil (2021) apenas três estados brasileiros (São Paulo, Rio de Janeiro e Distrito Federal) apresentam uma taxa acima de 85% de domicílios atendidos por coleta de esgoto. Em contra partida nos estados da região Norte e Nordeste a taxa de municípios que recebem a coleta de esgoto varia de 9,9% a 54%, casos de Rondônia e Sergipe respectivamente. A região Sudeste registrou a maior cobertura de serviço sanitário por rede coletora no ano de 2017 onde apenas 3,5% dos municípios não tinham acesso à coleta de esgoto.

A Pesquisa Nacional de Saneamento Básico do IBGE de 2017, divulgada em 2020, mostrou que em cidades com a população maior que 500 mil habitantes a presença de rede coletora de esgoto alcança 97,6%, em cidades que a população varia de 100 mil a 500 mil habitantes esse serviço cai para 92,9%. Já em cidades com população entre 5 mil a 10 mil habitantes o serviço de coleta de esgoto é de apenas 50,2% (MENDES, 2021).

No município de Luminárias MG ocorre a prática de manejo de resíduos sólidos, que consiste na coleta dos resíduos sólidos, hospitalar e na reutilização de pneus para conter as barragens. O serviço de coleta é oferecido apenas na área urbana, e o local de destinação desses resíduos é um aterro controlado que esta em atividade à aproximadamente 12 anos (DA SILVA, 2018).

O Novo Marco de Saneamento (Lei Federal nº 14.026 de 2020) pode representar um retrocesso do ponto de vista dos direitos sociais em pequenos municípios, uma vez que ele estimula uma lógica mercantilista na gestão dos serviços de saneamento e que as empresas privadas vão priorizar cidades ricas, pois o lucro é a razão das suas atividades (LEITE, 2021).

Apesar de representarem zona urbana, com potencial para instalação de sistema de abastecimento de água centralizado, municípios de pequeno porte enfrentam dificuldades. De acordo com Chong et al. (2015), em cidades de pequeno porte na Indonésia, o investimento dos governos locais em serviços de saneamento e infraestrutura é baixo: apenas 1 % de águas residuárias urbanas e 4 % do esgoto é tratado, enquanto 14 % das populações urbanas não tem acesso a sistemas de coletas de águas residuárias .Em muitos locais a meta de universalização do acesso ao saneamento tinha o prazo até 2019, fixada pelo Governo da Indonésia.

Um estudo feito por Narayanan et al. (2017) mostra que na Índia, 12,2% dos domicílios urbanos não possuem banheiro e apenas 32,7% estão conectados a um sistema de esgoto canalizado. A intensidade de capital dos sistemas convencionais de gestão de resíduos prejudicou severamente a capacidade das cidades indianas de estender a prestação de

serviços. Assim, as práticas informais de saneamento e remoção de resíduos persistem na maioria das áreas urbanas.

A Etiópia é um dos países com a menor taxa de urbanização do mundo com apenas 20% da sua população vivendo em vilas e cidades, atualmente estão seguindo uma política para rápida industrialização com uma meta de se tornar um país de renda média até 2025, e estas pequenas e médias cidades são consideradas estratégicas para a melhoria da água e do saneamento devido ao rápido crescimento populacional, visando a urbanização como oportunidade de crescimento econômico. Adanket et al (2016) destaca que o acesso ao abastecimento de água urbano de 84% foi relatado para o ano de 2014, o uso de instalações melhoradas e compartilhadas foi de 67%, 27% tinham acesso a instalações ruins e 6% ainda defecavam ao céu aberto.

Um levantamento de caso feito por Markset et al. (2020), em pequenas cidades de Uganda, com a participação de 500 voluntários, relatou que as fontes de água mais comuns como o principal abastecimento de água potável das famílias foram nascentes protegidas (48%), nascentes desprotegidas (20%) e uma conexão de água encanada conectada a uma torneira em casa ou quintal (18%). Poços, torneiras comunitárias, captação de água da chuva e água de superfície (riachos ou rios) foram menos comumente usados. Cerca de um em cada cinco domicílios tem acesso a fonte de água no terreno. Todos os domicílios da pesquisa dispunham de instalações sem esgoto, instalações que não separavam os dejetos do contato humano, sendo sua principal instalação de saneamento uma fossa que seria aterrada quando cheia.

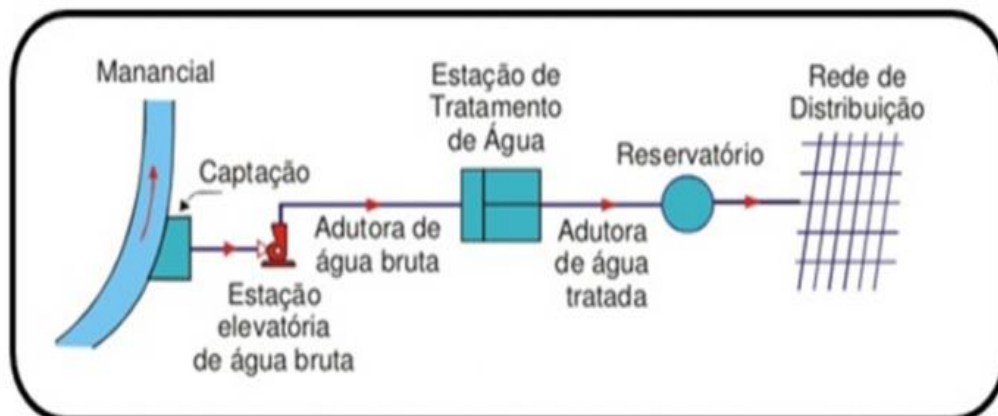
São notáveis as dificuldades de municípios de pequeno porte quanto às instalações sanitárias, boa parte disso se deve à falta de investimento. A falta de saneamento básico pode ser a causa de várias doenças como diarreias, dengue, malária, hepatites, cólera, esquistossomose (Pinheiro, 2021), colocando em risco a saúde e o bem estar da população.

De acordo com Barros et al. (1995), o Sistema de Abastecimento de Água representa o

"conjunto de obras, equipamentos e serviços destinados ao abastecimento de água potável de uma comunidade para fins de consumo doméstico, serviços públicos, consumo industrial e outros usos"

Os componentes constituintes do Sistema de Abastecimento de Água (figura 1) são: captação; adução (transporte); tratamento; armazenamento e distribuição.

Figura 1- Sistema de abastecimento de água



Fonte: EOS Consultores (2018)

3.2 Turbidez nas águas naturais

A água contém componentes físicos, químicos e biológicos que podem derivar do próprio ambiente natural ou introduzido a partir de atividade antrópica (UFV, 2015). Temperatura, cor, sabor e odor, turbidez e condutividade elétrica são exemplos de variáveis físicas encontrados em uma amostra de água. Já os parâmetros químicos são pH, alcalinidade, dureza, cloretos, nitrogênio, fósforo, oxigênio dissolvido, demanda química de oxigênio (DQO), demanda biológica de oxigênio (DBO) entre outras. Os coliformes, padrão biológico, são indicadores de microrganismo e patogênicos na água.

A temperatura interfere em algumas propriedades da água como a viscosidade, densidade e o oxigênio dissolvido. A cor é resultado da existência de substâncias em solução e pode ser causada pela presença de solo e manganês. Sabor e odor resultam de causas naturais como presença de algas e vegetação em decomposição, ou de forma artificial como lançamento de esgoto doméstico e industrial. Condutividade elétrica é a capacidade que a água possui de conduzir corrente elétrica. Este parâmetro está relacionado com a presença de íons dissolvidos na água (UFV, 2015).

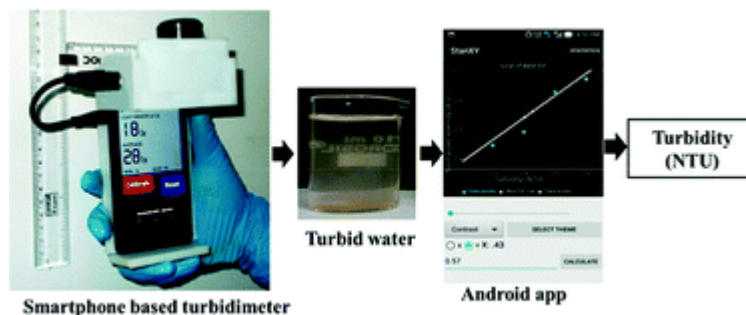
O pH (potencial hidrogênico) representa o equilíbrio entre íons de H^+ e OH^- sendo recomendado para a água uma faixa de 6 a 9. A alcalinidade é causada por sais alcalinos e mede a capacidade da água de neutralizar ácidos em teores elevados, a dureza resulta da presença de sais alcalinos terrosos (cálcio e magnésio) e pode causar sabor desagradável. Nitrogênio e fósforo são essenciais para o crescimento de algas, mas em excesso podem causar eutrofização dos cursos d'água. O oxigênio dissolvido é vital para a preservação da

vida aquática, já que organismos como peixes precisam de oxigênio para respirar. DQO e DBO são demandas químicas e biológicas necessárias para degradar materiais orgânicos (UFV, 2015).

A turbidez pode ser explicada como a dificuldade de um feixe de luz atravessar certa quantidade de água, causada pela presença de sólidos em suspensão, os quais podem representar areia, silte, argila, matéria orgânica, microrganismos patogênicos, algas, dentre outras substâncias que podem causar danos à saúde (CASAGRANDE, 2017).

A turbidez é medida com o auxílio de um turbidímetro ou de um nefelômetro, onde o espalhamento de um feixe de luz que passa pela amostra é comparado a um feixe de igual intensidade ao passar por uma suspensão padrão. Hussain et al (2016) usando a tecnologia a seu favor executou experimentos onde um *smartphone* era utilizado como turbidímetro(Figura2). O aparelho funciona da seguinte forma: o sensor projetado é baseado em um princípio de espalhamento, onde micro (μ -) partículas suspensas em água espalham um forte sinal de luz ao longo da direção normal de entrada, que pode ser detectado por um sensor infravermelho (IR) de proximidade embutido no *smartphone*. Com o sensor projetado, a variação de turbidez da água tão baixa quanto 0,1 NTU pode ser medida com precisão no valor de turbidez que varia de 0 a 400 NTU.

Figura 2- Smartphone utilizado como turbidímetro



Fonte: Hussain (2016)

Na ETA o processo de remoção da turbidez se inicia na etapa de clarificação: coagulação (mistura rápida), floculação (mistura lenta) e decantação. Uyaket et al. (2006) ressalta que o processo de coagulação pode ser usado para controlar a matéria orgânica natural (MON) durante a produção de água potável, e a eficácia do processo de coagulação depende do pH de coagulação e das dosagens de coagulante. Para isso são executados ensaios Jar Test a fim de se aproximar do valor do pH de coagulação e a quantidade de coagulante.

A NBR 12216 (ABNT 1992) e resolução CONAMA 357 de 2005 (BRASIL, 2005) afirmam que para águas com baixa turbidez (menor que 40 UNT) são dispensados os processo de clarificação, sendo a filtração obrigatória para captações superficiais e a desinfecção obrigatória para qualquer tipo de manancial ou qualidade de água bruta. Portanto, para águas com turbidez acima de 40 UNT as etapas de coagulação, floculação e decantação são obrigatórias para remover sólidos suspensos e coloidais (Tabela 1).

Tabela 1. Padrões de potabilidade para turbidez

Padrão de turbidez	Valor máximo permitido (UNT)
Resolução CONAMA 357/2005 e Deliberação Normativa COPAM/CERH 01/2008 - Classe 1: uso preponderantes para abastecimento após tratamento simplificado	40
Resolução CONAMA 357/2005 e Deliberação Normativa COPAM/CERH 01/2008 - Classe 2: uso preponderantes para abastecimento após tratamento convencional	100
NBR 12216 (1992) - Águas subterrâneas, tipo A: tratamento apenas com desinfecção	5
NBR 12216 (1992) - Águas subterrâneas, tipo B: Tratamento simplificado (filtração direta e desinfecção)	40
Potabilidade, portaria 888 ministério da saúde (2021)	5

Zhanget et al (2019), ao avaliar águas de baixas temperatura e turbidez, observou que esses fatores afetam adversamente a coagulação e decantação devido à sua química e dinâmica, observando que a taxa de reação de coagulante é lenta e os flocos formados são pequenos e leves e por isso têm mais dificuldades para decantar, um dos motivos desse fenômeno é o lento movimento browniano devido ao aumento da inércia das partículas de impureza em baixa temperatura e também aumento de viscosidade e aumento subsequente na resistência entre as camadas de líquido.

3.3 Tecnologias de tratamento de água

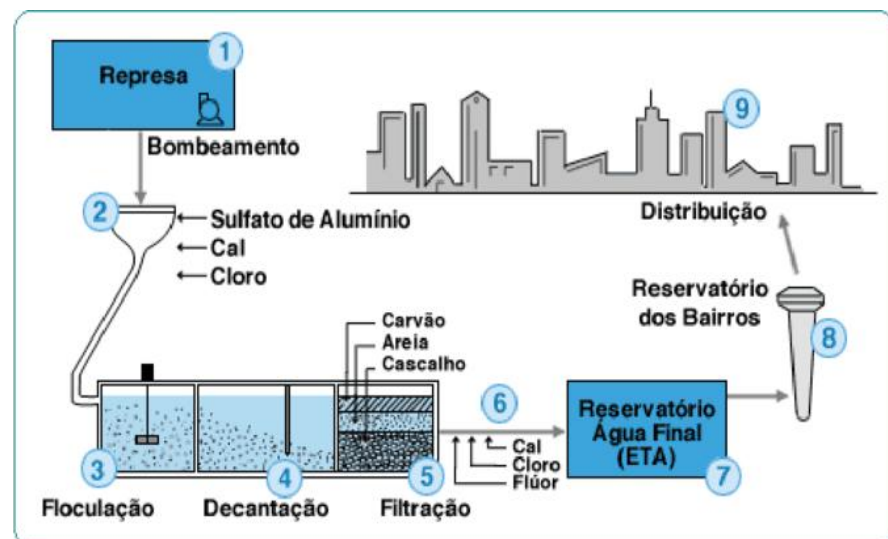
O tratamento de água é o processo em que a água deverá passar para alcançar as condições de uso para o abastecimento populacional. Para tal, a água é captada nos mananciais e conduzida à Estação de Tratamento de Água (ETA), onde é submetida a vários

processos podendo ser simples ou complexos, dependendo das impurezas encontradas nessa água (FUSATI, 2021).

Colóides são partículas muito pequenas, com tamanho médio que variam de 1 a 100 nm com cargas negativas que devido ao seu tamanho a única maneira de executar sua remoção é promovendo sua união, formando os flocos (TZOUPANOS, 2008). TZOUPANOS et al (2008) completam que esse processo só é possível com a desestabilização dos colóides, que consiste o contato entre o coagulante (carga positiva) e as partículas coloidais (carga superficial negativa) citando então a importância da coagulação que é feita utilizando coagulantes como os sais de alumínio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) ou cloreto férrico (FeCl_3). Após esse processo, a floculação promove a formação de flocos, que segundo os autores pode acontecer de dois tipos: (i) a microfloculação (floculação pericínética) em qual agregação de partículas é provocada pelo movimento térmico de moléculas de fluido (browniano movimento); e (ii) macrofloculação (floculação ortocínética) que consiste na agregação das partículas provocada pelo gradiente de velocidade na mistura em suspensão.

Um tratamento de ciclo completo (figura 3) é composto por coagulação, floculação, decantação, filtração, desinfecção, fluoretação e armazenamento.

Figura 3-Processo de tratamento de água



Fonte: Sabesp (2020)

A água é captada no manancial e encaminhada por adutoras até a ETA e conduzida para a calha parshall onde ocorre o processo de coagulação que é possível devido ao grande gradiente de velocidade (mistura rápida), a coagulação é o processo de desestabilização dos colóides ocasionado pela diferença das cargas do coagulante (carga positiva) e dos colóides

(carga negativa) com o objetivo de aglomerar as impurezas. Alcalinizastes como cal hidratada deverão ser usadas para a correção do pH visando uma coagulação mais eficiente.

Efeitos negativos associados a coagulantes químicos e sintéticos, como o excesso de lodo aumentando o custo da operação e possíveis rumores de altos níveis de alumínio residual ter relações com o desenvolvimento do Alzheimer. Tais efeitos negativos despertam o interesse pela busca de coagulantes naturais como a moringa, o cacto e o pó de quiabo. Al-Samawi e Hama et al (2019) usaram quiabo para remover a turbidez de águas residuais municipais e lixiviado de aterro sanitário e os resultados deste estudo comprovaram o eficiência do quiabo como um coagulante natural.

Tunggolouet et al (2017) ressaltam que a *Moringa oleifera* pode ser usada como um alternativa para substituir o sulfato de alumínio sintético como uma alternativa de coagulante natural para a remoção de turbidez. Quando o sulfato de alumínio foi usado como coagulante, o maior percentual de remoção da turbidez foi de 78,72%, enquanto durante o uso *Moringa oleifera*, o maior percentual de remoção da turbidez foi de 91,17%.

Nos floculadores ocorre o processo de floculação (mistura lenta) onde a velocidade da água deve ser menor para que ocorra a formação e consolidação dos flocos. Os floculadores podem ser do tipo alabama, de chicana ou mecanizados, que são compostos por paletas e bandejas perfuradas, formando flocos até que sua massa específica ultrapasse a da água para que ocorra a decantação da água floculada.

A separação de partículas floculentas é chamada de decantação, e é no decantador que ocorre o processo de decantação (Richter, 1991). A decantação é um método de separação por gravidade de misturas heterogêneas formadas por sólido e líquido ou por dois ou mais líquidos.

A filtração é responsável por eliminar todas as partículas coloidais da água que não foram removidas nos decantadores. Segundo Ribeiro et al (1998), a filtração em tanques de areia é a tecnologia mais simples e confiável para produzir uma água potável que se encaixa nos parâmetros exigidos. Outra maneira de efetuar a filtração é o uso de carvão ativado, o carvão ativado ou ativo é um material carbonáceo poroso, fabricado a partir dos mais diversos tipos de materiais orgânicos, por processo de pirólise e ativação (Mucciacito, 2009). A adsorção química por carvão ativado ocorre quando as moléculas se unem a superfície do adsorvente através de ligações químicas covalentes, já a adsorção física ocorre quando as ligações das moléculas são fracas (força de Van der Waalls) e as impurezas são retidas pela porosidade do carvão (Mucciacito, 2009).

Antes do desenvolvimento da teoria dos microorganismos como causadores de doenças (1880), acreditava-se que doenças eram transmitidas através de odores. A desinfecção, tanto da água de abastecimento como dos esgotos, surgiu como uma tentativa de eliminação desses odores, e o uso de cloro no tratamento da água tem como objetivos a desinfecção (inativação dos microorganismos patogênicos), a oxidação (alteração das características da água pela oxidação dos compostos nela existentes) ou ambas as ações ao mesmo tempo (Meyer, 1994). O cloro (Cl_2) é o principal produto utilizado na desinfecção de águas para o abastecimento. O valor máximo de cloro residual permitido após o tratamento é de 2 mg/L (Portaria nº 888 de 4 de maio de 2021). Para definir as inter-relações entre turbidez elevada e a eficiência de cloração na água potável, Le Chevallier et al. (1981) realizou experimentos para mensurar o efeito de diferentes níveis de turbidez na demanda de cloro e interferência nas determinações microbiológicas. Os experimentos foram realizados no abastecimento de água superficial para as comunidades que praticam a cloração como o único tratamento. Os resultados indicaram que a eficiência da desinfecção na diminuição no número de coliformes foi negativa quando a água apresentava altos valores de turbidez.

As tecnologias de tratamento de água são divididas em três grupos: sistemas simplificados, sistemas convencionais e sistemas avançados. Sistemas simplificados são utilizados para água com baixa turbidez, pois são processos de baixo custo e que fazem uso de recursos naturais, além de apresentar simplicidade operacional onde o processo de clarificação é dispensado, sendo obrigatório os processos de filtração, desinfecção e fluoretação (ROLLEMBERG, 2020).

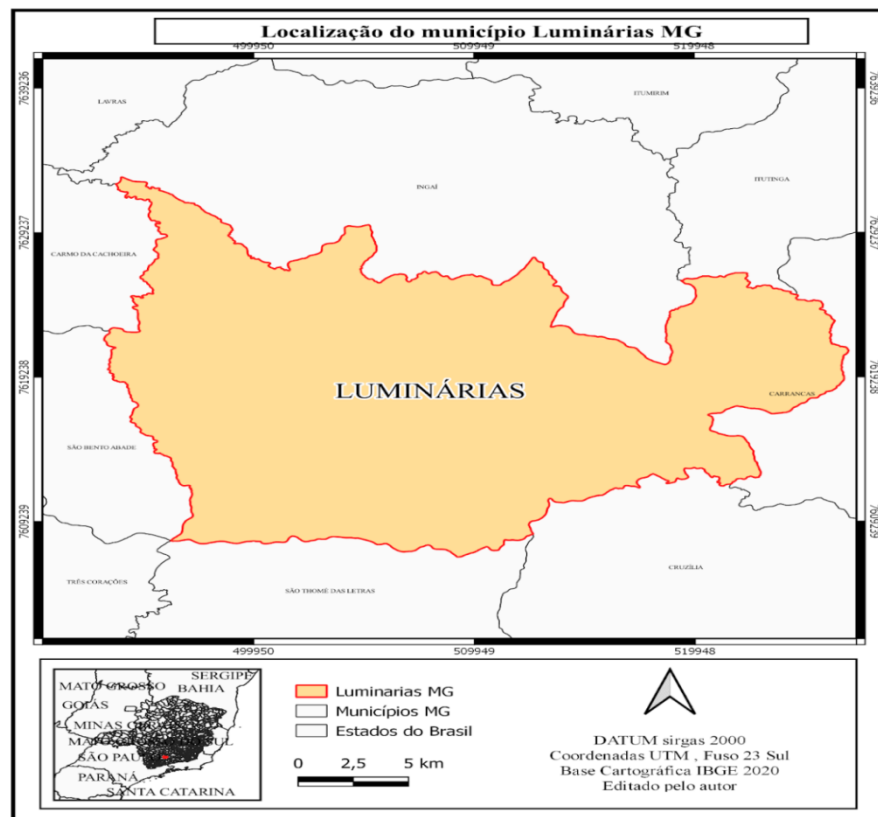
4 METODOLOGIA

4.1 Características da área de estudo

A cidade de Luminárias fica localizada no Sul de Minas Gerais (figura 4) com extensão territorial de 500, 143 Km², tendo a Mata Atlântica como principal bioma e é cercada por montanhas e pela serra de Luminárias que fica situada ao lado da cidade. O município faz parte da Estrada Real e seus principais atrativos turísticos são Complexo da Serra Grande (várias cachoeiras, grutas, picos, piscinas naturais), com destaque para a gruta da Serra Grande, uma das mais bonitas grutas de quartzito, a cachoeira do Funil, o complexo de cachoeiras do Mandembe e a Água Santa (Guia do turismo Brasil). De acordo com a classificação climática de Köppen, o padrão climático da região de Luminárias encontra-se no tipo Cwb e Cwa, mesotérmico úmido, tropical de altitude (CONSANE, 2019).

A população estimada para o município em 2021 é de 5431 habitantes, com um Índice de desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) de 0,678 e cerca de 74% da população tem acesso a esgotamento sanitário adequado, mas o município não dispõe de tratamento de esgoto. A coleta de resíduos é feita pela Prefeitura Municipal três vezes na semana e encaminhada para estação de transbordo onde o resíduo é destinado para um aterro controlado. A ETA abastece cerca de 80% do município com água tratada, pelo fato da rede de distribuição não alcançar todos os bairros da cidade (SNIS, 2021).

Figura 4- Mapa de localização do município de Luminárias MG



Fonte: Autor (2020)

4.1.1 Sistema de abastecimento de água de Luminárias

O manancial de captação (Figura 5) fornece uma vazão que varia entre 15 a 18 L/s, flutuação devido a precipitação, para a ETA de Luminárias, o que totaliza aproximadamente 1.296.000 litros de água tratados por dia, que é conduzida por um extenso sistema de adução da água bruta (Figura 5). Considerando a população de 2021, a ETA de Luminárias fornece cerca de 240 L/hab.dia, desprezando as perdas na etapa de distribuição, o que representa um

consumo elevado levando em consideração que o consumo per capita no Brasil do ano de 2019 foi de 158,4 L/hab.dia (SNIS, 2020). Isso pode ser explicado pelo fato do tratamento de água da cidade ser gratuito, ausência de hidrômetros nas residências e conseqüentemente pela falta de educação ambiental da população.

O ponto de captação e a estrutura de captação ficam localizados a 7 km do centro da cidade nas coordenadas 21°32'5.58''S e 44°51'31.57''O. A estação de tratamento de água está localizada no perímetro urbano nas coordenadas 21°31'6,60''S e 44°53'58,62''W

Figura 5- Manancial de captação e sistema de adução da água bruta



Fonte : Autor (2021)

Figura 6– Estrutura de captação da água bruta



Fonte : Autor (2021)

Figura 7- Estação de tratamento de água Luminárias MG



Fonte : Autor (2021)

4.2 Análise do uso e ocupação do solo da área de drenagem do ponto de captação de água

Para identificar os riscos de contaminação da água de abastecimento, a delimitação da área de drenagem ao ponto de captação foi realizada por meio de cartas contendo curvas de nível de 30 metros e hidrografia da região obtidas no IDE SISEMA *Infraestrutura de Dados Espaciais* (2021). No software QGIS3.14.16®, a área de drenagem foi manualmente desenhada e recortada. Os dados de uso e ocupação do solo foram obtidos no Instituto de Pesquisa de Sistemas Ambientais, do inglês *Environmental Systems Research Institute* (ESRI, 2021). As imagens foram geradas pelo satélite Sentinel 2 com uma resolução espacial de 10 metros. As imagens contam com uma composição de 10 classes de uso e cobertura do solo, a fim de gerar um representativo instantâneo do ano de 2020 e foram produzidas com um intervalo de confiança de 95%, fornecendo assim uma imagem clara e precisa da área total e de cada classe, como: água, vegetação densa, grama, vegetação inundada, cultivo, vegetação rasteira, área construída, solo sem vegetação, neve e nuvens.

Luminárias está localizada em uma região serrana com predominâncias de solos novos e relevo acidentado.

4.3 Avaliação da turbidez da água bruta de Luminárias, MG

Para a obtenção dos dados de turbidez foi utilizado um turbidímetro devidamente calibrado nos dias das análises com precisão de 0,05 UNT. A coleta dos dados foi realizada diariamente em triplicata, entre o período de 14 de novembro de 2020 a 20 de janeiro de 2021, no ponto de captação de água que abastece o município de Luminárias. Foram coletadas 68 amostras durante este período (Apêndice A).

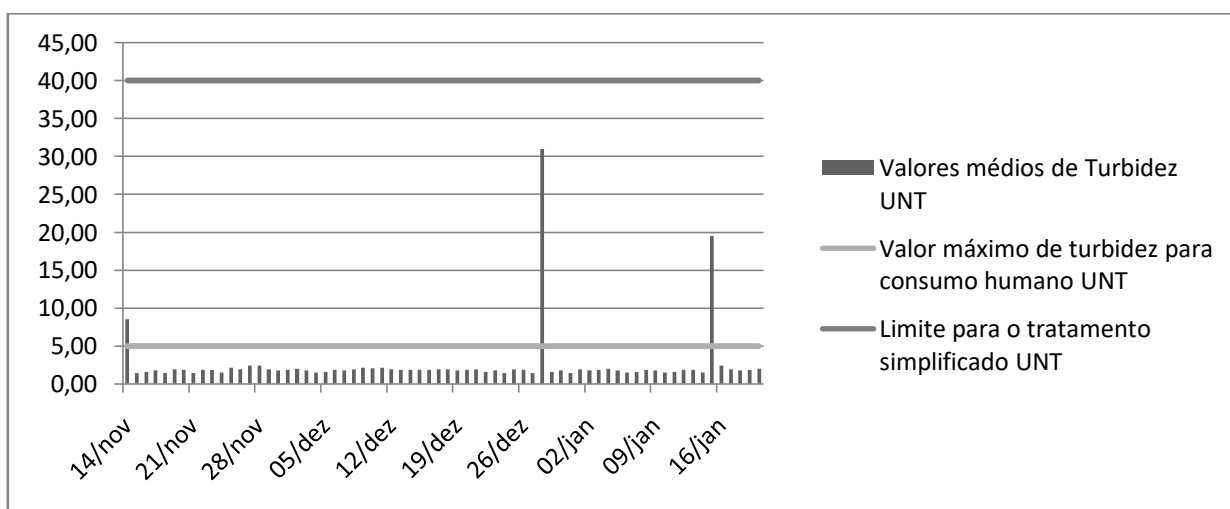
Os dados de turbidez foram tratados em software Excel® 2007 por meio de estatística descritiva (médias e desvio padrão) e por gráficos de barras e linhas.

5 RESULTADOS DE DISCUSSÃO

5.1 Turbidez e tratamento da água

A Figura 8 apresenta a variação da turbidez no período de coleta e o limite máximo de turbidez da água tratada, segundo os parâmetros de potabilidade, comparando com os valores da água bruta. Segundo a Resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005) e Deliberação Normativa COPAM/CERH 01/2008 (MINAS GERAIS, 2008), recursos hídricos, como este de Luminárias, que são utilizados para consumo humano após tratamento simplificado, devem seguir os padrões de qualidade estabelecidos para classe 1. Por estes motivos, a Figura 8 apresenta o limite máximo de turbidez do manancial para uso de tratamento simplificado, o qual pode dispensar os processos de clarificação

Figura 8- Gráfico dos valores de turbidez e parâmetros de potabilidade



Fonte: (Autor 2021)

Percebe-se que os valores de turbidez foram inferiores aos valores indicados para tratamento simplificado, pelo porte do rio pode ser que no momento da coleta a concentração de sólidos tenha sido removida fazendo com que os valores não represente o valor máximo de turbidez. O período em que as análises foram feitas não descreve o comportamento do manancial, pelo curto período de análises, mas se tais valores forem observados com frequência na ETA a água bruta pode ser submetida apenas ao tratamento simplificado, ou seja, filtração seguido de desinfecção. Como a ETA instalada já possui os processos de clarificação instalados, sugere-se que sejam realizados ensaios de coagulação em JARTEST

para definir as concentrações mínimas de coagulante e alcalinizante, visando reduzir os custos com o tratamento.

Fernandes (2020) que ao avaliar a qualidade da água de uma nascente utilizada como manancial de abastecimento localizada na comunidade rural de São Benedito, do município de Campo Mourão (PR), obteve 1,20 UNT para a amostra do período de seca e 0,04 UNT para a amostra do período chuvoso.

SILVA et al (2016) conduziu um experimento para monitorar os indicadores microbiológicos e parâmetros físico-químicos da qualidade da água em diferentes pontos de uma estação de tratamento de água do tipo convencional, do sistema de distribuição e dos mananciais de abastecimento do município de Jaboticabal, São Paulo, nas estações chuvosa e de seca. Os valores encontrados para o período seco e chuvoso são 12 e 54 UNT, respectivamente. O manancial em questão foi considerado o mais vulnerável dentre os estudados pelo autor. Os autores ainda afirmam que a ação do cloro no processo de desinfecção seria melhor se a turbidez for reduzida.

5.2 Estudos do uso e ocupação do solo da área de drenagem do ponto de captação

A área de drenagem do manancial de captação (figura 9) do município de Luminárias tem uma extensão de 30,25 ha e é composta por quatro tipos de uso e ocupação do solo (Tabela 2), na qual não se observa lançamento pontual de águas residuárias. Diversas atividades podem interferir os ambientes fluviais, alterando aspectos físicos, químicos e biológicos, assim como a qualidade da água (RAPOSO, 2009). O desgaste progressivo do solo resulta na perda da camada rica do solo causada pela erosão, provocando grandes prejuízos aos cursos d'água (MAVIE, 2018). Em bacias rurais, o cultivo deixa o solo periodicamente exposto aumentando a produção de sedimentos, a camada superficial do solo tem a estrutura alterada, tornando-se menos resistente à erosão (TUCCI, 1998).

Júnior et al (2008) destacam a influência da cobertura vegetal e ressaltam a importância das gramíneas e florestas na proteção do solo, garantindo a interceptação das chuvas, infiltração e a diminuição do escoamento superficial. Júnior et al (2008) ainda enfatizam que áreas de plantio podem garantir uma proteção inicial contra a erosão, formando uma espécie de barreira contra o escoamento superficial, o problema é que após a colheita o solo sofre compactação pela ação das máquinas, aumentando o escoamento superficial e dificultando a infiltração.

Castro et al (2017) afirmam que as matas ciliares assumem grande importância na manutenção e na qualidade dos recursos hídricos e na retenção de sedimentos evitando assim

o assoreamento do curso d'água . A presença desse tipo de vegetação implica diretamente no funcionamento de uma bacia hidrográfica, pois suas funções refletem no equilíbrio do meio ambiente. Ações antrópicas, como o uso indevido da terra e vegetação, e variações climáticas podem influenciar diretamente na capacidade de abastecimento de uma bacia hidrográfica (HuanMa, 2010).

Smirnovet et al (2018) afirma que as características de cada sistema de abastecimento de água requer uma abordagem única, preparação cuidadosa e análise dos dados iniciais, bem como desempenho de técnicas e cálculos econômicos. O fator chave é a composição e propriedades da fonte água, bem como as condições da área. Isso permite lidar de forma otimizada com o problema de tratamento mesmo de águas subterrâneas muito complexas, priorizando águas sem produtos químicos para o tratamento.

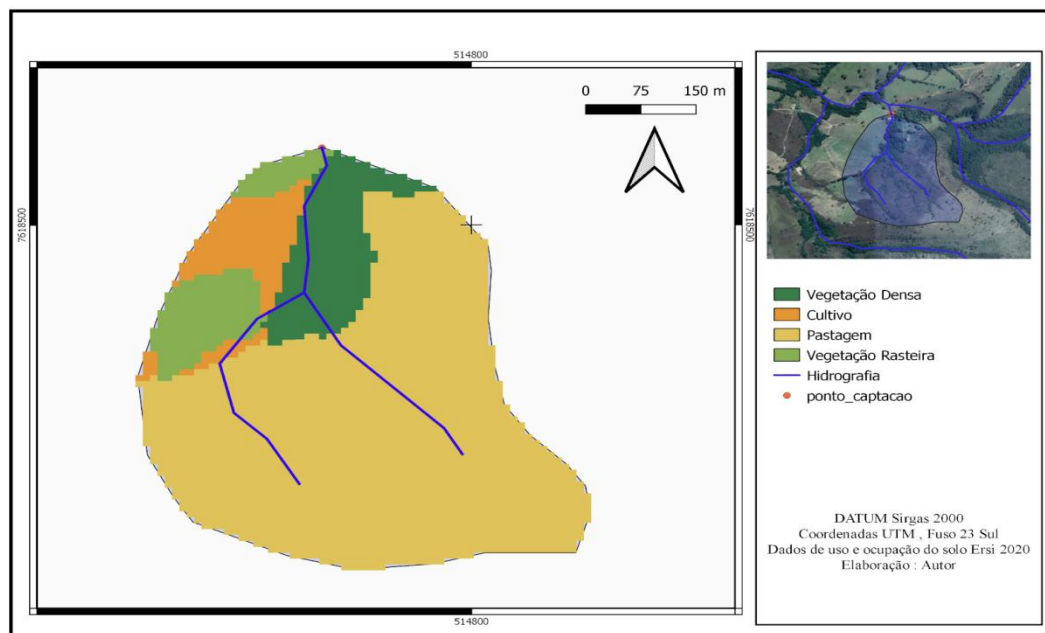
Os baixos valores de turbidez observados anteriormente podem ser explicados pela grande área de pasto e vegetações que cercam a bacia hidrográfica, formando barreiras que diminuem o efeito erosivo e contribuindo para a qualidade da água do manancial.

Tabela 2. Usos e ocupação do solo na área de drenagem da captação de água de abastecimento do município de Luminárias, MG

Uso do solo	Área (ha)	Área (%)
Pasto	22	72
Vegetação densa	3	11
Vegetação rasteira	2,4	7,94
Milho	2,24	7,4
Total	30,25	100

Fonte: Autor (2021)

Figura 9-Bacia hidrográfica e uso e ocupação do solo



Fonte : Autor (2021)

Conforme o artigo 2º da Lei Federal nº 4771/65 – Código Florestal, alterada pela Lei Federal nº 7803/89

É obrigatória a presença de vegetação nativa nas nascentes, em um raio de 50 metros. Ao longo dos rios essa distância é de acordo com sua largura. Caso as obras sejam feitas próximas aos cursos d'água naturais, perenes e intermitentes, que são considerados Áreas de Preservação Permanente (APP), a distância permitida pelo Código Florestal (atualizado pela Lei nº 12.727/12) é de 30 metros, para os cursos d'água de menos de 10 metros de largura; 50 metros, para os cursos d'água que tenham de 10 a 50 metros de largura; 100 metros, para os cursos d'água que tenham de 50 a 200 metros de largura; 200 metros, para os cursos d'água que tenham de 200 a 600 metros de largura; e 500 metros, para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 metros. No entanto, não será exigida Área de Preservação Permanente no entorno de reservatórios artificiais de água que não decorram de barramento ou represamento de cursos d'água naturais.

Atividades agrícolas nas mediações de nascentes podem acarretar na poluição dos cursos d'água, pois fertilizantes, pesticidas, herbicidas e inseticidas usados no combate as pragas, quando usados de forma indevida, acabam sendo arrastados para os rios com as chuvas. O sistema de filtração de ETAs que operam com sistema simplificado não consegue remover tais defensivos agrícolas.

Gorza et al (2015) conduziram um trabalho para avaliar a remoção dos agroquímicos 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D) e Clorpirifós, em uma ETA piloto de tratamento

convencional da Companhia Espírito Santense de Saneamento com as etapas de coagulação com sulfato de alumínio, floculação, sedimentação, filtração e desinfecção. Resultados do estudo indicam que o dióxido de cloro foi mais efetivo do que o cloro na oxidação do 2,4-D e a adsorção em carvão ativado granular foi efetiva na remoção da concentração remanescente do tratamento convencional. Já para o Clorpirifós o tratamento apresentou baixa eficiência (23%), mostrando que o tratamento convencional não conseguiria eliminar o agroquímico, necessitando adicionar outras etapas no tratamento como a adsorção em carvão ativado granular ou separação em membranas.

A nascente em questão apresenta uma vegetação preservada (figura 10), mas que deveria receber um pouco mais de atenção, visando futuramente que essa área se transforme em uma área de preservação permanente, uma vez que essa nascente é a única fonte que abastece o município.

Figura 10- Vista aérea do ponto de captação



Fonte: Autor (2021)

6 CONCLUSÃO

A turbidez da água de captação do município de Luminárias, MG no período de chuva foi, em média 2,37 UNT e no máximo 32 UNT, o que indica a possibilidade de tratamento simplificado para potabilização destas águas, como filtração direta, seguida de desinfecção.

A área de drenagem ao ponto de captação é bem preservada por pastagens naturais, o que diminui os riscos de erosão e conseqüentemente os valores de turbidez, a preocupação maior é que a área apresenta riscos de contaminação por agrotóxicos, provenientes de agroquímicos utilizados no cultivo de milho, o que seria um grande problema, pois essas substâncias não são removidas na ETA apenas com filtração simples, uma solução seria a filtração por carvão ativado ou dupla membrana.

Sugere-se que sejam realizados ensaios de coagulação para definição da quantidade mínima de produtos químicos a serem utilizados no tratamento e que esta área seja preservada, a fim de aumentar a porcentagem de vegetação densa ou rasteira, melhorando a vazão e a qualidade da água deste manancial.

REFERÊNCIAS

- ABREU, Nathália. **Da captação à distribuição, o caminho que a água faz até nossas casas.** Auto Sustentável. Disponível em <<https://autossustentavel.com/2017/03/estacao-tratamento-agua-eta.html>>. Acesso 01 nov 2021.
- ADANK, Marieke; BUTTERWORTH, John; GODFREY, Sam; ABERA, Michael. Looking beyond headline indicators: water and sanitation services in small towns in Ethiopia. **Journal of Water , Sanitation & Hygiene for Development**. 2016. v.6. p 435-446 .
- AMORIM, Daniela. **País tinha 9,6 milhões de domicílios sem água encanada em 2017, diz IBGE.** UOU. Disponível em: <<https://economia.uol.com.br/noticias/estadao-conteudo/2020/07/22/pais-tinha-96-milhoes-de-domicilios-sem-agua-encanada-em-2017-diz-ibge.htm>>. Acesso em 12 nov 2021.
- ANDRADE, Eunice Maia de, ARAUJO, Lúcia de Fátima Pereira, ROSA, Morsylide de Freitas, Gomes Raimundo Benvindo, LOBATO, Francisco Antônio de Oliveira.
- AL-SAATI, N. et al. Statistical modelling of turbidity removal applied to non-toxic natural coagulants in water treatment: a case study. **Desalination and Water Treatment**, v. 150, p. 406-412, 2019
- ARAGÃO, Alexandre. **Tratamento de água: Etapas do sistema convencional.** Canteiro da Engenharia. Disponível em <<https://canteirodeengenharia.com.br/2020/07/08/tratamento-de-agua/>> . Acesso em 12 nov 2021.
- ASHERY, Ahamed Fadel; RADWANKamal; RASHED Mohamed I. Gar Al-Alm; The effect of pH control on turbidity and NOM removal in conventional water treatment; 2010; **Fifteenth International Water Technology Conference**, Egypt.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12226: Projeto de estação de tratamento de água para abastecimento público.** Rio de Janeiro. 1992.
- BARROS, R. T. V. et al. Saneamento. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG, 1995. (Manual de saneamento e proteção ambiental para os municípios – volume 2).
- CASAGRANDE, Émilin. O que é turbidez da água e como ela afeta o tratamento. Blog 2 Engenheiros. Disponível em < <http://2engenheiros.com/2017/12/12/turbidez-da-agua/>> . Acesso 12 nov 2021. CASTRO, Jhon Linyk Silva et al. Mata ciliar: Importância e funcionamento. In: **VIII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental Campo Grande/MS.** 2017.
- CHONG, Joanne; ABEYSURIYA, Kumi; HIDAYAT, Lenny; SULISTIO, Hery; WILLETTS Juliet. Strengthening Local Governance Arrangements for Sanitation: Case Studies of Small Cities in Indonesia. *Aquatic Procedia* 2016. v. 6 .p 64-73.
- COSTA, Rafiza Najara Pereira; PINHEIRO, Eduardo Mendonça. O cenário do saneamento básico no Brasil. **Educação Ambiental em Ação**, v. 17, n. 66, 2018.

CRUZ, Dafne;PIMENTEL, Marcio;RUSSO, Ana; Charge Neutralization Mechanism Efficiency in Water with High Color Turbidity Ratio Using Aluminium Sulfate and Flocculation Index; **Water**; v.12; p 507.

CONSANE. Plano Municipal de Saneamento Básico Luminárias MG. 2019.

DA SILVA, EDIMILSON EDUARDO; LEÃO, NILSON CIBÉRIO DE ARAÚJO; DOS SANTOS, GIVALDO GUILHERME. Política Nacional de Resíduos Sólidos: Experiências práticas na Microrregião de Lavras. 2018.

ÉMILIN, C.S . **O que é turbidez da água e como ela afeta o tratamento de água ?** . Blog 2 Engenheiros. Disponível em <<http://2engenheiros.com/2017/12/12/turbidez-da-agua/>>. Acesso em 02 fev 2021.

FERNANDES, Alisson. **Qualidade da água de manancial em propriedade rural em Campo Mourão-PR**. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

FLORENÇANO, José Carlos Simões. O abastecimento de água e seus reflexos na saúde da população. 2014 .v. 6

FUSATI. A importância do tratamento de água. Equipamentos para o tratamento de água. Disponível em <[GEHRKE, I; GEISER, A; SOMBOM-SCHULZ, A. Innovations in nanotechnology for water treatment. **NanotechnolSciAppl** . 2015; v.8;p 1-17; 2015;doi: 10.2147 / NSA.S43773.](https://www.fusati.com.br/a-importancia-do-tratamento-da-agua/#:~:text=Tratamento%20de%20%C3%81gua%20%C3%A9%20um,evitando%20a%20transmiss%C3%A3o%20de%20doen%C3%A7as.>>. Acesso 14 nov de 2021.</p>
</div>
<div data-bbox=)

Guia do turismo Brasil. Luminárias MG. Disponível em <<https://www.guiadoturismobrasil.com/cidade/MG/1053/luminarias>>. Acesso 16 nov 2021.

GEO, Mundo. IBGE lança novo Atlas do Saneamento no Brasil.2021. Disponível em <<https://mundogeo.com/2021/11/24/ibge-lanca-novo-atlas-do-saneamento-no-brasil/>>. Acesso 26 nov 2021

GORZA, Nadja Lima; COELHO, Edumar Ramos Cabral. I-300-REMOÇÃO DE CONTAMINANTES ORGÂNICOS EM ÁGUAS DE ABASTECIMENTO PÚBLICO EM ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA CONVENCIONAL, ASSOCIADA À PRÉ-OXIDAÇÃO E ADSORÇÃO EM CARVÃO ATIVADO GRANULAR.

GOES,Cristina Beatriz. **Nascentes e olhos d'água: o que são e porque são tão importantes**.Sisnergia Engenharia de Meio Ambiente. Disponível em <<https://sinergiaengenharia.com.br/noticias/nascentes-e-olhos-dagua-o-que-sao-e-porque-sao-tao-importantes/>>. Acesso em 09 nov 2021.

HUSSAIN,I.;AHAMAD,K.;NATH,P.;Water turbidity sensing using a smartphone.**RSC Adv** . , 2016, v.6 , 22374-22382.

Järvenpää, M., Diaz Pauli, B. & Lindström, K. A turbidez da água restringe o sucesso de acasalamento dos machos em peixes marinhos. *Behav Ecol Sociobiol* **73**, 140 (2019). <https://doi.org/10.1007/s00265-019-2752-2>

PINESE JÚNIOR, José Fernando; CRUZ, Lísia Moreira; RODRIGUES, Sílvio Carlos. Monitoramento de erosão laminar em diferentes usos da terra, Uberlândia-MG. **Sociedade & natureza**, v. 20, p. 157-175, 2008.

KIKIWETE, Jakaya; GARANG, Mizengo G.; MEMBE, Yoweri. Evaluation of farming practices and environmental pollution in Manyara basin, Tanzania. **International Journal of Agricultural Sciences**, v. 5, n. 6, p. 864-877, 2015.

LECHEVALLIER, MARK W.; EVANS, T. M.; SEIDLER, RAMON J.; Effect of Turbidity on Chlorination Efficiency and Bacterial Persistence in Drinking Water; **APPLIED AND ENVIRONMENTAL MICROBIOLOGY**, 1981, p. 159-167.

LEITE, Michael Douglas Sousa et al. O Novo Marco do Saneamento (Lei Federal nº 14.026 de 2020) e os possíveis acidentes nos pequenos municípios brasileiros. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, v. 10, n. 9, pág. e37910918258-e37910918258, 2021.

LEONETI, Alexandre Bevilacqua; PRADO, Eliana Leão do; OLIVEIRA, Sonia Valle Walter Borges de. Saneamento básico no Brasil: considerações sobre investimentos e sustentabilidade para o século XXI. **Revista de Administração Pública**, v. 45, n. 2, p. 331-348, 2011.

LISBOA, Severina Sarah; HELLER, Léo; SILVEIRA, Rogério Braga. Desafios do planejamento municipal de saneamento básico em municípios de pequeno porte: a percepção dos gestores; 2013; **Revista Fumec**.

MARK, Sara J.; CLAIR-CALLOT, Guillaume; TAING, Lina; BAMWENDA, James Tayebwa; KANYESIGUYE, Christopher; RWENDEIRE, Namanya Ernest; KEMERINK-SEUOUM, Jeltsje Sanne; KANSIIME, Frank; BATEGA, Dauda Waiswa; FERRERO, Giuliana. Serviços de abastecimento de água e saneamento em pequenas cidades em zonas de transição rural-urbana: O caso do município de Bushenyi-Ishaka, Uganda. *npj Clean Water* **3**, 21 (2020). <https://doi.org/10.1038/s41545-020-0068-4>

MENESES, Carla Gracy Ribeiro. Tratamento de água para consumo humano. Sienge Plataforma. Disponível em < <https://www.sienge.com.br/blog/tratamento-de-agua-2/>>. Acesso 24 nov 2021.

MEYER, Sheila T. O uso de cloro na desinfecção de águas, a formação de trihalometanos e os riscos potenciais à saúde pública. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 10, p. 99-110, 1994.

MENDES, Ricardo Lazzari. **Saneamento mais próximo dos pequenos municípios**. APECS. Disponível em < <https://apecs.org.br/saneamento-mais-proximo-dos-pequenos-municipios/>>. Acesso 25 nov 2021.

MUCCIACITO, João Paulo. **Uso eficiente do carvão ativado como meio filtrante em processos industriais**. 2009.

NARAYANAN, N.C;RAY Isha;GOPAKUMAR, Govind;ARGADE, Poonam. Towards sustainable urban sanitation: a capacity-building approach to wastewater mapping for small towns in India. **Journal of Water, Sanitation and Hygiene for Development**. 2018. V.8. p227-327.

PINHEIRO, Chloé. **Falta de saneamento básico causa 273 mil internações em um ano no Brasil**. Veja Saúde. Disponível em <<https://saude.abril.com.br/medicina/falta-de-saneamento-basico-causa-273-mil-internacoes-em-um-ano-no-brasil/>>. Acesso 02 nov 2021.

PORTARIA Nº 2.914; 12 DE DEZEMBRO DE 2011; Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Disponível em <https://bvsm.s.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html>. Acesso 03 mar 2020

RAPOSO, Amanda Almeida et al. Reflexos de pressões antrópicas e da erosão acelerada sobre a dinâmica fluvial da bacia do Ribeirão Sardinha–Quadrilátero Ferrífero/MG. **XIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada–A Geografia Física Aplicada e as Dinâmicas de Apropriação da Natureza**, p. 01-15, 2009.

RESOLUÇÃO CONAMA Nº 357, DE 17 DE MARÇO DE 2005; Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em <https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2005/res_conama_357_2005_classificacao_corpos_agua_rtfeda_altrd_res_393_2007_397_2008_410_2009_430_2011.pdf>. Acesso 03 nov 2021.

RIBEIRO, Amarolina. Mananciais. Info Escola. Disponível em <<https://www.infoescola.com/hidrografia/mananciais/>>. Acesso 24 nov 2021.

RIBEIRO, José Tarcísio; KOWATA, Emília Akemi. Tratamento de água por filtração direta ascendente para fins de reuso. **Campinas: Editora da Unicamp**, 1998.

RICHTER, Carlos A.; DE AZEVEDO NETTO, José Martiniano. **Tratamento de água: tecnologia atualizada**. Editora Blucher, 1991.

ROLLEMBERG, Silvio; MAGALHÃES, João. TÉCNICAS SIMPLIFICADAS DE TRATAMENTO DE ÁGUA. **Revista Virtual de Química**, v. 12, n. 2, 2020.

SANTOS, Vanessa Sardinha dos. **Os agrotóxicos e nossa saúde**. Saúde e bem estar. Disponível em <<https://mundoeducacao.uol.com.br/saude-bem-estar/os-agrotoxicos-nossa-saude.htm>>. Acesso 02 nov 2021.

SILVA, Leandro Jorge da; LOPES, Laudicéia Giacometti; AMARAL, Luiz Augusto. Qualidade da água de abastecimento público do município de Jaboticabal, SP. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 21, p. 615-622, 2016.

SMIRNOV, Vitaly; POMOGAEVA, Valentina; SHLYCHKOV, Dmitriy. Development of water supply systems in small municipalities. In: **MATEC Web of Conferences**. EDP Sciences, 2019. p. 06016.

SOARES, Dayane Fonseca; FARIA, Anízio Márcio; ROSA, André Henrique. Análise de risco de contaminação de águas subterrâneas por resíduos de agrotóxicos no município de Campo Novo do Parecis (MT), Brasil. **Engenharia sanitária e ambiental**, v. 22, p. 277-284, 2016.

TUNGGOLOU, Jessica et al. Moringa oleifera como coagulante utilizado em processos de purificação de água para consumo. **Earth Science Paquistão**, v. 1, n. 2, pág. 1-3, 2017.

TZOUPANOS, ND; ZOUBOULIS, I. Processos de coagulação-floculação no tratamento de água / esgoto: a aplicação de uma nova geração de reagentes químicos. In: **6ª conferência internacional IASME / WSEAS sobre transferência de calor, engenharia térmica e meio ambiente (HTE'08), de 20 a 22 de agosto, Rodes, Grécia**. 2008. p. 309-317.

UFV. **Qualidade da água**. Portal do tratamento de água. Disponível em <<https://tratamentodeagua.com.br/artigo/qualidade-da-agua/>>. Acesso 20 nov 2021

UHR, Júlia Gallego Ziero; SCHMECHEL, Mariana; UHR, Daniel de Abreu Pereira. Relação entre saneamento básico no Brasil e saúde da população sob a ótica das internações hospitalares por doenças de veiculação hídrica. **Revista de Administração, Contabilidade e Economia da Fundace**, v. 7, n. 2, 2016.

UYAK, Vedat; TOROZ, Ismail; Disinfection by-product precursors reduction by various coagulation techniques in Istanbul water supplies; **Journal of Hazardous Materials**; V.147;2007;p320-328.

ZHANG, Peng; LIAO, Lina; ZHUGoucheng; Performance of PATC-PDMDAAC Composite Coagulants in Low-Temperature and Low-Turbidity Water Treatment; **Materials (Basel, Suíça)**; v. 12,17; 2824;2019, doi: 10.3390 / ma12172824

APÊNDICE A

Valores de Turbidez medidos em época de chuva na captação de água de abastecimento de
Luminárias, MG

Data	Amostra 1 (UNT)	Amostra 2 (UNT)	Amostra 3 (UNT)	Média (UNT)	Desvio Padrão
14/nov	8,3	8,7	8,62	8,54	0,21
15/nov	1,39	1,47	1,28	1,38	0,10
16/nov	1,58	1,47	1,62	1,56	0,08
17/nov	1,72	1,86	1,68	1,75	0,09
18/nov	1,57	1,32	1,27	1,39	0,16
19/nov	1,89	1,73	1,98	1,87	0,13
20/nov	1,92	1,89	1,78	1,86	0,07
21/nov	1,32	1,43	1,38	1,38	0,06
22/nov	1,83	1,77	1,92	1,84	0,08
23/nov	1,67	1,87	1,92	1,82	0,13
24/nov	1,48	1,39	1,52	1,46	0,07
25/nov	2,04	2,12	2,19	2,12	0,08
26/nov	1,84	1,92	1,98	1,91	0,07
27/nov	2,28	2,35	2,48	2,37	0,10
28/nov	2,40	2,32	2,49	2,40	0,09
29/nov	1,89	1,82	1,95	1,89	0,07
30/nov	1,73	1,82	1,67	1,74	0,08
01/dez	1,83	1,94	1,77	1,85	0,09
02/dez	1,95	1,83	2,04	1,94	0,11
03/dez	1,75	1,83	1,79	1,79	0,04
04/dez	1,43	1,58	1,39	1,47	0,10
05/dez	1,57	1,63	1,48	1,56	0,08
06/dez	1,85	1,93	1,78	1,85	0,08
07/dez	1,74	1,86	1,68	1,76	0,09
08/dez	1,89	1,92	1,96	1,92	0,04
09/dez	2,11	2,08	2,12	2,10	0,02
10/dez	2,07	2,04	2,08	2,06	0,02

11/dez	2,15	2,09	2,08	2,11	0,04
12/dez	1,96	1,87	1,92	1,92	0,05
13/dez	1,85	1,88	1,83	1,85	0,03
14/dez	1,78	1,84	1,91	1,84	0,07
15/dez	1,82	1,85	1,87	1,85	0,03
16/dez	1,78	1,81	1,84	1,81	0,03
17/dez	1,84	1,90	1,94	1,89	0,05
18/dez	1,84	1,87	1,95	1,88	0,07
19/dez	1,77	1,79	1,81	1,79	0,02
20/dez	1,79	1,77	1,89	1,82	0,06
21/dez	1,90	1,93	1,87	1,90	0,03
22/dez	1,58	1,47	1,62	1,56	0,08
23/dez	1,72	1,86	1,68	1,75	0,09
24/dez	1,57	1,32	1,27	1,39	0,16
25/dez	1,89	1,73	1,98	1,87	0,13
26/dez	1,92	1,89	1,78	1,86	0,07
27/dez	1,32	1,43	1,38	1,38	0,06
28/dez	31	30	32	31	1
29/dez	1,58	1,47	1,62	1,56	0,08
30/dez	1,72	1,86	1,68	1,75	0,09
31/dez	1,57	1,32	1,27	1,39	0,16
01/jan	1,89	1,82	1,95	1,89	0,07
02/jan	1,73	1,82	1,67	1,74	0,08
03/jan	1,83	1,94	1,77	1,85	0,09
04/jan	1,95	1,83	2,04	1,94	0,11
05/jan	1,75	1,83	1,79	1,79	0,04
06/jan	1,43	1,58	1,39	1,47	0,10
07/jan	1,57	1,63	1,48	1,56	0,08
08/jan	1,85	1,93	1,78	1,85	0,08
09/jan	1,75	1,83	1,79	1,79	0,04
10/jan	1,43	1,58	1,39	1,47	0,10
11/jan	1,57	1,63	1,48	1,56	0,08
12/jan	1,83	1,77	1,92	1,84	0,08

13/jan	1,67	1,87	1,92	1,82	0,13
14/jan	1,48	1,39	1,52	1,46	0,07
15/jan	19,20	20,72	18,57	19,50	1,11
16/jan	2,40	2,32	2,49	2,40	0,09
17/jan	1,89	1,82	1,95	1,89	0,07
18/jan	1,73	1,82	1,67	1,74	0,08
19/jan	1,83	1,94	1,77	1,85	0,09
20/jan	1,95	1,83	2,04	1,94	0,11

Fonte: Autor(2021)