CENTRO UNIVERSITÁRIO DE MARINGÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIAS LIMPAS

ALESSANDRA DE CASTRO SILVA PEDRANGELO

AVALIAÇÃO DE UM SISTEMA RESIDENCIAL PARA COLETA DE ÁGUA DE CHUVA

MARINGÁ
2018

ALESSANDRA DE CASTRO SILVA PEDRANGELO

AVALIAÇÃO DE UM SISTEMA RESIDENCIAL PARA COLETA DE ÁGUA DE CHUVA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Limpas do Centro Universitário de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de MESTRE EM TECNOLOGIAS LIMPAS.

Orientadora: Prof. Dra. Luciana Cristina Soto Herek Rezende
Coorientadora: Profª. Dra. Natália Ueda Yamaguchi

MARINGÁ
2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

P371a Pedrangelo, Alessandra de Castro Silva.

Avaliação de um sistema residencial para coleta de água de chuva / Alessandra de Castro Silva Pedrangelo. – Maringá-PR, 2018.

57 f.: il. color. ; 30 cm.

Orientadora: Luciana Cristina Soto Herek Rezende.
Coorientadora: Natália Ueda Yamaguchi.
Dissertação (mestrado) – UNICESUMAR - Centro Universitário de Maringá, Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Limpas, 2018.

1. Águas pluviais. 2. Escoamento urbano. 3. Filtração. 4.

Biblioteca Central UniCesumar

Ficha catalográfica elaborada de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Conhecer as manhas e as manhãs,
O sabor das massas e das maçãs,
É preciso amor pra poder pulsar,
É preciso paz pra poder sorrir,
É preciso chuva para florir.

(Oswaldo Montenegro)

ALESSANDRA DE CASTRO SILVA PEDRANGELO

AVALIAÇÃO DE UM SISTEMA RESIDENCIAL PARA COLETA DE ÁGUA DE CHUVA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Limpas do Centro Universitário de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Tecnologias Limpas pela Comissão Julgadora composta pelos membros.

COMISSÃO JULGADORA

_____

Profª. Drª. Luciana Cristina Soto Herek Rezende

Centro Universitário de Maringá (Presidente)

_____

Profª. Drª. Maria de Los Angeles Perez Lizama

Centro Universitário de Mariná

_____

Profª. Drª. Máriam Trierveiller Pereira

Instituto Federal do Paraná

Aprovado em:

Ao meu marido pelo companheirismo e pelo incentivo.

À minha filha, pela compreensão e cooperação.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Deus pelo dom da vida.

Aos meus familiares pelo apoio.

Ao Centro Universitário de Maringá, por ter me possibilitado desenvolver este trabalho.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Limpas/ UNICESUMAR e em especial a minha orientadora Professora Luciana Cristina Soto Herek Rezende, pelo incentivo, motivação e auxílio em todas as etapas no decorrer do período.

Aos colegas de curso, Bruna, Eduardo, Natália, Priscila e Marcelo, pelo apoio e companheirismo e muitas tortas com cappuccino.

Ao Sidnei Reina Coutinho técnico do laboratório de solos da UEM, pelo auxílio na realização das análises.

Ao meu amigo André Luis Gomes Simões, pelo incentivo, paciência e diálogo sempre fraterno.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS 24
LISTA DE ABREVIATURAS 25
RESUMO 26
ABSTRACT 26
1. INTRODUÇÃO 13
2. REVISÃO DE LITERATURA 15
2.1 PANORAMA MUNDIAL DOS RECURSOS HÍDRICOS 15
2.2 A HISTÓRIA DA COLETA DE ÁGUA DE CHUVA NO MUNDO 18
2.3. COLETA E ARMAZENAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA PARA FINS NÃO NOBRES 22
2 REFERÊNCIAS 27
3 OBJETIVOS 33
4.1 OBJETIVO GERAL 33
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 33
4 ARTIGO 34
RESUMO 35
ABSTRACT 36
INTRODUÇÃO 37
MATERIAIS E MÉTODOS 39
RESULTADOS 40
DISCUSSÃO 44
CONCLUSÕES 44
REFERÊNCIAS 45
5 NORMAS DO ARTIGO 47
6. CONCLUSÃO GERAL 53
7. ANEXO 54

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-Setores Usuários de água no Brasil. 16

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Parâmetro de qualidade da água para usos não-potáveis.....24
Tabela 2- Análise microbiológica de água de chuva armazenada em cisterna.....38
Tabela 3- Análise físico-química de água de chuva armazenada em cistern.....38
Tabela 4- Análise microbiológica de água de chuva pós-filtração, areia carvão ativado comercial.....39
Tabela 5- Análise físico-química de água de chuva pós-filtração, areia carvão ativado comercial.....39
Tabela 6- Análise microbiológica de água de chuva filtrada pós-filtração, areia carvão ativado com prata.....39
Tabela 7- Análise físico-química de água de chuva filtrada pós-filtração, areia carvão ativado com prata.....39

LISTA DE ABREVIATURAS

ANA	Agência Nacional de Águas
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
EDU	Enciclopédia Delta Universal
FAO	Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
PCM	Programa Conjunto de Monitoração
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MEC	Ministério da Educação e Cultura
MS	Ministério da Saúde
NBR	Normas Brasileiras
NMP	Número Mais Provável
ODS	Objetivos do Desenvolvimento Sustentável
OMS	Organização Mundial da Saúde
ONU	Organização das Nações Unidas
PROSAB	Programa de Pesquisa de Saneamento Básico
PURAE	Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações do Município de Curitiba
RH	Região Hidrográfica
SABESP	Sistema de Abastecimento de Água do Estado de São Paulo
SNIS	Sistema nacional de Informações sobre Saneamento
UNICEF	United Nations Children Fund
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
uT	Unidade de Turbidez
OMS	Organização Mundial da Saúde
VMP	Valor Máximo Permitido

RESUMO

Para a sustentação da vida humana água deve estar na sua forma potável, ou seja, ter níveis microbiológicos e físico-químicos que o organismo humano possa aceitar; sem ser submetido a desequilíbrios orgânicos que comprometam a saúde. A demanda por água vem aumentando a cada década em usos domésticos, agropecuários e industriais, em uma velocidade que a natureza em seu ciclo hidrológico não parece ser capaz de depurar. Para tanto, buscam-se alternativas que auxiliem a natureza a cumprir esse papel. O aproveitamento e reuso da água de chuva vêm exatamente cumprir esta função, de certa forma se associando à natureza para suprir as necessidades humanas. Assim sendo, o presente trabalho teve por objetivo a implantação de um sistema para determinação de uso doméstico simplificado com reduzidos cuidados de manutenção e que possibilitasse a utilização da água para usos não nobres. Com o intuito de atender a NBR 15527/2007, quanto à qualidade da água de chuva para consumo não potável, foram empregados o uso de materiais filtrantes, dispostos em duplas camadas num sistema de filtração rápida descendente. Os resultados obtidos com relação à coleta e reuso da água de chuva como fonte alternativa de uso residencial, foram satisfatórios, pois reduziram em 6 m^3/mês o consumo de água tratada. Quanto às características da água pós-filtração, concluiu-se que o uso de filtro pré-armazenamento tem efeitos positivos no tratamento para elevação da qualidade da água coletada.

Palavras-chave: águas pluviais. coleta de água de chuva. escoamento urbano. filtração. sustentabilidade.

ABSTRACT

For the sustaining human life, water must be drinkable, in other words, it must have microbiological and physicochemical levels that the human body can accept without being submitted to organic imbalances that endanger our health. The demand for water is increasing very fast every decade, specially in domestic, agricultural and industrial uses, and because of it, nature seems not be able to purify it in its cycle. Thus, alternatives are sought to help the environment fulfill this process. The use and reuse of rainwater is being used in order to help nature supplies human needs. Thus, this work aimed the deployment of a system for domestic use and its easy maintenance enabling the use of water for other purposes except for drinking. In order to follow the NBR 15527/2007, related to the consumption of non-drinkable rainwater, was deployed the use of two-layer-filters for fast downward filtering. The results achieved regarded to the collection and reuse of rainwater as an alternative for domestic purposes were satisfactory because decreased in 6m³ the use of treated water. Relating to the characteristics of post-filtration water, it was concludes that the use of pre-storage filter represents positive effects for a higher quality of the collected water.

Key words: rainwater. rainwater collection. urban water runoff. filtration. sustainability.

1. INTRODUÇÃO

O aumento exponencial da população mundial tem gerado grande apreensão dos meios governamentais e científicos quanto à elevação do consumo de água no mundo. Apesar de ser um bem que naturalmente se purifica pelo ciclo hidrológico, a qualidade para o uso humano vem decaindo, afinal a natureza não atende ao consumo na mesma velocidade da demanda (UNICEF, 2015).

Outros fatores que apontam para um crescente estresse hídrico são resultado do aumento do descarte de dejetos e resíduos sem tratamento nos mananciais e do alto consumo de água potável na produção agrícola e industrial, resultando na má qualidade da água em todo o mundo (MEC/MMA, 2005).

De acordo com o relatório da UNESCO (2017) o prognóstico, com relação à degradação dos recursos hídricos, aponta que a qualidade da água nos mananciais venha a diminuir nos próximos anos devido aos poucos recursos financeiros destinados ao saneamento pelo poder administrativo, principalmente em regiões mais estéreis, desencadeando assim grandes prejuízos principalmente para o crescimento sustentável destas nações.

Considerando que a água tratada pelas concessionárias não seja suficiente para a população, uma prática viável para as próximas décadas é buscar por sistemas alternativos de coleta, tratamento e uso da água.

Também considerando que grande parte da água consumida em residências não se destina a usos potáveis (como irrigação de vegetação, limpeza de ambientes, higienização de carros e descarga de bacias sanitárias), talvez a água tratada possa ser gerida apenas para ingestão direta humana e animal, liberando as águas de fontes alternativas para os usos menos nobres (ABNT, 2007).

Porém, mesmo que estes usos não sejam nobres, a água de chuva necessita de um teor mínimo de potabilidade, pois grande parte da coleta é feita por meio da chuva que escoa dos telhados, a qual tende a carrear alguns contaminantes que se depositam nas coberturas no decorrer dos períodos de estiagem. Tais contaminantes podem ser: poeira, dejetos de pássaros e de pequenos animais, micro-organismos como bactérias, algas e protozoários, os quais em um meio oportuno, podem se desenvolver tornando-se vetores de doenças para animais e seres humanos (GUIMARÃES, 2015).

Mesmo que a água de chuva tenha a sua forma natural de purificação através do ciclo hidrológico, ao se precipitar entrando em contato com a atmosfera e com as estruturas naturais e artificiais que compõem os centros urbanos, ocorrerá a contaminação. Por ser solvente universal, agrega diversos compostos químicos e orgânicos, que possibilitam a chamada instabilidade biológica da água. Para tanto, as técnicas de coleta e reuso de águas pluviais necessitam de muitas pesquisas mesmo que estas sejam para usos não potáveis, podendo comprometer a saúde humana se estes aspectos não forem observados (TELLES, 2010).

A NBR 15527/2007 fornece os possíveis usos das águas coletadas, devem-se para tanto efetuar algumas análises biológicas, físicas e químicas, as quais contemplem os valores de referência desta norma.

Ao se determinar por meio de análises em laboratório a qualidade da água coletada para uma determinada região, pode-se então fazer um diagnóstico das condições de uso e determinar assim algumas formas de descontaminação, como meios de pré-filtração, peneiramento, filtros em múltiplas camadas, entre outras.

Segundo Libânio (2010), o processo de filtração tem como prioridade a remoção de partículas responsáveis pela cor e turbidez, cuja presença indica a redução da eficiência da desinfecção que inativam ou eliminam os micro-organismos patogênicos.

Mas como neste processo ainda não há normas bem definidas que indiquem quais seriam os níveis de potabilidade aceitáveis para as águas pluviais coletadas em residências, deve-se então seguir o que a legislação brasileira determina de forma genérica. A NBR 12216/ 1992 indica que as águas pluviais podem ser classificadas como sendo do tipo “B”, as quais não necessitam do processo de coagulação, porém, necessitam de filtração anterior ao armazenamento e em camadas compostas.

Conforme RICHTER (2009), os dois principais métodos de filtração são classificados como rápidos e lentos; diferenciados pela taxa de filtração, que seria a velocidade com que trabalham e a frequência de limpeza, sendo que os filtros rápidos operam com taxas de filtração superiores a 40 vezes com relação aos filtros lentos.

Dentre as filtrações convencionais, a mais eficaz e de custo mais baixo é a filtração rápida, pois esta depende de materiais de baixo custo comercial como a areia, o carvão ativado e pedras (camada suporte), onde a manutenção é feita de forma simplificada e há eficiência na redução e eliminação de elementos contaminantes patogênicos (DI BERNARDO, 2003). Enfim, a intenção deste trabalho é de incentivar a investigação por uma solução alternativa de abastecimento de água para reuso contendo qualidade e razoável viabilidade econômica.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 PANORAMA MUNDIAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

Sendo a água o bem mais precioso e necessário para os seres vivos, deveria ser o mais conservado e bem tratado dos elementos disponíveis na natureza. Porém, segundo dados do Unicef (Fundo das Nações Unidas para a Infância), dois bilhões e quatrocentos milhões de pessoas no mundo não têm acesso à água potável, ao saneamento básico e dentre estas, dez milhões vão a óbito anualmente em decorrência de doenças veiculadas através da água sem tratamento (UNICEF, 2015).

Constata-se que há diversos fatores que contribuem para a crise hídrica mundial: a má distribuição dos recursos hídricos, o desperdício em alguns setores e o exponencial crescimento populacional (ONU, 2015). Após sete anos, o relatório sobre recursos hídricos da UNESCO (2017), continua sinalizando que a demanda por água continua aumentando principalmente no setor agrícola, que é responsável por 70% da extração de água em todo o mundo (UNESCO, 2017).

Portanto, de acordo com a atual situação mundial com relação ao uso da água, a ONU, (2016) em parceria com outras instituições, vem se adequando às necessidades crescentes dos diversos setores aos novos conceitos de conservação e preservação da saúde e bem-estar humanos. A análise da presente situação prevê uma maior interdependência dos níveis de consumo da água nos diversos setores, para que se possam fornecer melhorias aos sistemas e desenvolvimento das metas que tenham maior proximidade com a realidade em um contexto global.

Esta nova conceituação, encontra-se no relatório anual da UNESCO (2017), divisando constatações mais globais em ações regionais e locais, para a elaboração de soluções, para o que pode vir a ser a situação mais crítica já vivida pelos seres humanos: a batalha pela água potável. O conceito se baseia na inter-relação de planos baseados na cooperação pela potabilidade e qualidade da água, pelo saneamento, pela acessibilidade, o gerenciamento de recursos hídricos, a preocupação na conservação dos ecossistemas e nos desastres relacionados à água, onde cada plano não tem função sem a consideração dos outros níveis.

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS, 2015), há 193 países monitorados quanto ao uso da água e saneamento, destes, mais da metade não possuem disponibilidade hídrica e sistema de coleta de efluentes com tratamento adequado.

Segundo a UNICEF o descarte de efluentes *in natura* em mananciais é um fator de maior preocupação, contaminando com resíduos tóxicos provenientes de indústrias e rejeitos humanos as fontes de água dos sistemas urbanos (UNICEF, 2017).

No Brasil, o mesmo relatório de monitoramento sinaliza que apesar do país ter grandes bacias hidrográficas e identificando-se que a maior parte destas nunca ficam sem água, existem algumas regiões que já sofrem o estresse hídrico. Fato este que acontece muitas vezes pela má administração e gerenciamento dos recursos hídricos, que englobam a gestão da água, saneamento e higiene, sendo que os maiores problemas estão ligados a instrumentos de conscientização e fiscalização tanto no descarte quanto no tratamento de efluentes, (UNICEF, 2017).

A Bacia Hidrográfica do Rio Paraná é a região do Brasil que sofre maior demanda dos recursos hídricos, por concentrar 32,1% da população nacional e, portanto, a região onde há maior desenvolvimento econômico, abrangendo os estados de São Paulo, Paraná, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Goiás, Santa Catarina e o Distrito Federal (ANA, 2005).

O crescimento de grandes centros urbanos, como São Paulo, Curitiba e Campinas a montante dos rios, tem gerado uma grande pressão sobre os recursos hídricos. Isso ocorre porque, ao mesmo tempo em que se aumentam as demandas, diminui-se a disponibilidade de água tratada devido à contaminação por efluentes domésticos, industriais e drenagem urbana. De acordo com a ANA (2009), os maiores consumidores de água no Brasil são a irrigação, os usos urbanos e a indústria, coincidindo que estes também são os setores de maior consumo na bacia hidrográfica do rio Paraná, como mostra a Figura 1.

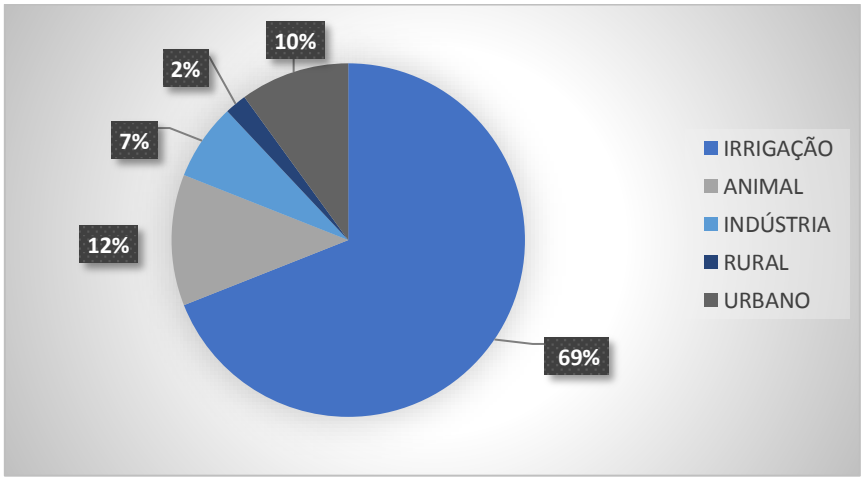

Figura 1 - Setores Usuários de água no Brasil.

Fonte: Adaptada ANA (2009).

Como ação minimizadora para os problemas da escassez hídrica, muitos países e algumas cidades do Brasil, estimulam programas para a redução do desperdício e também incentivam o uso de fontes alternativas de água como o reuso e aproveitamento de chuva, conforme propõe a Prefeitura Municipal de Curitiba em seu Programa de Conservação e uso Racional da Água nas Edificações (PURAE) (CURITIBA, 2003).

Segundo estudos, a captação e a armazenagem da água pluvial são consideradas alternativas para minimizarem a ameaça da crise hídrica mundial. Alternativas estas que vêm ao encontro das premissas dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS, 2015) elaborados pela ONU com metas com relação à sustentabilidade a serem atingidas até 2030.

2.2 A HISTÓRIA DA COLETA DE ÁGUA DE CHUVA NO MUNDO

As grandes civilizações da antiguidade, ao se depararem com a escolha de um espaço para construírem suas aldeias e vilarejos, optavam por locais nas proximidades de rios, lagos e nascentes. Tais sítios deveriam ter pelo menos condições de suprirem as necessidades básicas do consumo de água, tanto pelos seres humanos, animais e também que proporcionassem a irrigação para os campos de cultivos (BRUNI, 1993).

Com o passar dos anos estas vilas foram crescendo e a distância da fonte abastecedora tornou-se muito grande, tendo a administração destes locais que implementar sistemas de canalização e armazenamento mais funcionais. Tornaram-se uma atividade prática, entre os povos antigos, os estudos sobre abastecimento, iniciando esta atividade pelos povos Sumérios, na Mesopotâmia, os quais se especializaram em formas de canalização e de irrigação. Depois o conhecimento foi se difundindo para várias localidades (EDU,1986 *apud*, BRUNI, 1993).

Algumas descobertas arqueológicas indicaram que a coleta de água da chuva já vinha sendo utilizada na China há 6.000 a.C. e em Israel há 2.000 a.C. onde encontram-se ruínas de cisternas para armazenar o escoamento de águas das encostas agrícolas para posterior uso doméstico (GOULD e NISSEN-PETERSEN, 1999). Outro exemplo é a fortaleza dos Templários em Portugal, com dois grandes reservatórios e a grande cisterna de Yerebatan, em Istambul na Turquia, que foram determinados pela necessidade humana de acumular água em grandes quantidades (TOMAZ, 2003).

Os romanos estiveram à frente de qualquer outra civilização no que tange à evolução das metodologias de saneamento e abastecimento. Já no século IV a.C. Roma contava com 856 banhos públicos e 14 termas que consumiam aproximadamente 750 milhões de litros de água por dia, distribuídos por uma rede com mais de 400 km de extensão, conforme relata LIEBMANN (1979).

Porém, desde os Sumérios até grandes civilizações como os povos pré-colombianos, cometeram erros em seus sistemas de abastecimento que levaram ao declínio de toda uma população. Tais falhas cometidas têm ligação com a falta de observação dos sinais da própria natureza, como canalização de águas salobras para irrigação da lavoura onde o excesso de sais ocasionou a diminuição da produção de alimentos ou a falta de preocupação com o descarte bruto de esgotos nas proximidades das cidades que foi contaminando o solo e os próprios mananciais, trazendo doenças para os moradores (BRUNI, 1993).

Centenas de anos depois, o homem ainda se depara com os mesmos problemas relacionados ao abastecimento, cometendo o mesmo erro que fez a sociedade romana entrar em colapso. A ideia de que a água por ter um ciclo depurativo e por ser solvente universal, pudesse ser um elemento cuja quantidade e qualidade seriam infinitos. (BRUNI, 1993).

O problema do saneamento básico e abastecimento são alertados nos relatórios da UNICEF/OMS (2015), os quais relatam que, cerca de 750 milhões de pessoas em várias partes do mundo não têm acesso às redes de água potável e esgoto, demonstrando que o problema dos povos antigos continua acontecendo até os dias de hoje em proporções cada vez maiores.

2.2.1 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E A ÁGUA

Na segunda metade do século XVIII, iniciou-se na Inglaterra a Revolução Industrial. Este movimento trouxe grandes avanços materiais para vários países no mundo. Porém as consequências negativas não foram planejadas gerando desequilíbrios como o aumento da poluição em vários níveis. A natureza foi a mais abalada, causando diversos problemas para a vida humana, os quais vieram gradativamente crescendo sem muitas preocupações no decorrer de aproximadamente dois séculos (BRUNI, 1993).

Apenas a partir do século XX, no pós-guerra a era nuclear fez surgir muitos temores de um novo tipo de poluição por radiação. Uma poluição de graves e cumulativas consequências para a saúde humana. A partir deste ponto, os movimentos ambientalistas produziram manifestações como alertas sobre os abalos que o planeta já sofrera pela falta de planejamento dos modos de produção industriais, que partem desde o consumo excessivo das matérias-primas, até a poluição gerada e lançada nos rios (BRASIL, 2000).

Tais movimentos vieram então defender a natureza e funcionaram como um alerta à preservação do meio ambiente, que se define como tudo aquilo que nos cerca, englobando os elementos da natureza como a fauna, a flora, o ar, a água, interligando-se com uma ação direta e indireta com os seres humanos. Fatores como a explosão populacional, o aumento crescente da ocupação urbana, aumento do consumo com a utilização em maior escala de matérias-primas e insumos (água, energia, materiais auxiliares de processos industriais), e como consequência no aumento da poluição, devem ser relacionados diretamente com a degradação da qualidade ambiental, afetando e dificultando as condições sanitárias do meio ambiente e dos seres nela inseridos (Lei 6.938/1981).

Ao final da década de 1960, as primeiras preocupações com a fragilidade dos sistemas naturais, tal como os recursos hídricos estabeleceram para o mundo uma nova consciência coletiva com relação à proteção da saúde dos ecossistemas. Esta evolução do pensamento culminou em cogitações sobre o uso mais sustentável dos recursos, gerando documentos e conferências internacionais para debater e traçar caminhos que amenizem ou solucionem os aspectos nocivos do materialismo (BRASIL, 2000).

De acordo com o Relatório Brundland em 1987, as definições de sustentabilidade obtiveram novas dimensões, sendo guiadas para um desenvolvimento sustentável, englobando a interação do meio ambiente com os seres como também o atendimento das necessidades destas inter-relações (ONU, 1987).

A partir destes documentos surgiram outras iniciativas governamentais em nível global, as quais, progressivamente, regulamentam e implementam uma relação mais saudável do ser humano com os meios e com a natureza. Um destes projetos foi o rascunho zero da Rio +20 (2000), o primeiro a reconhecer a importância primordial do uso racional da água para a promoção do desenvolvimento sustentável, juntamente com a identificação dos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM, 2000) e derivados destes surgiram em 2015 os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) (ONU, 2105).

Os ODS, são em número de 17 temáticas que buscam causas e soluções para os diversos problemas enfrentados mundialmente que vão desde a pobreza extrema até os meios para a implementação de soluções. O gerenciamento e a conscientização do uso racional da água indicam alternativas para o abastecimento e saneamento nos meios urbanos de acordo com as metas desenvolvidas pela ONU.

Algumas destas alternativas vêm sendo discutidas e analisadas desde o ano de 1992, quando aconteceu a “Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento”. O aproveitamento de águas pluviais, a dessalinização da água do mar, a reposição das águas subterrâneas e o reuso da água estão inseridos no contexto do desenvolvimento sustentável, o qual propõe o uso dos recursos naturais de maneira equilibrada e sem prejuízos para as futuras gerações (AGENDA 21, 2001).

Então, tratando das temáticas relativas à água, o que se propõe é que esta seja ofertada para todos de forma potável e segura, sendo que para que haja efeito não há como esta ser desassociada de ações de saneamento básico e higiene, pois corre-se o risco de que as faltas destas ações levem à contaminação do solo e também das fontes de abastecimento, como já acontecem em diversos lugares do planeta, segundo dados da UNICEF (2017).

2.2.2 RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL

O Brasil, mesmo tendo grandes bacias hidrográficas, por conta da centralização dos polos industriais e urbanos, possui diversos problemas na distribuição das águas e no saneamento. A maior concentração de pessoas tem como resultado um excesso de poluentes domésticos e industriais sendo descartados sem tratamento nos mananciais (ANA, 2012).

O Brasil é detentor de 18% dos recursos hídricos mundiais, porém pela extensão do país, ser praticamente continental, apresenta grandes desigualdades na distribuição destes recursos. Por exemplo, a região Norte que é a maior detentora de recursos é também a região que possui a menor quantidade de pessoas e a região Sudeste detém a menor porcentagem de recursos e possui quase a metade da população nacional (ANA, 2012).

Para tanto, observando os dados fornecidos através dos órgãos governamentais, a tendência é que se ampliem as informações sobre o uso racional da água, as pesquisas por fontes alternativas de fornecimento, para que se busque uma forma de refrear a escassez, contribuindo para a redução da demanda por água tratada, permitindo para esta os usos mais nobres, como hidratação de seres humanos e animais, higiene e fabricação de alimentos.

Dentro desta conjuntura, a coleta da água de chuva se apresentou como opção que vem sendo usada há muito tempo, a qual abre grandes possibilidades para a ampliação da oferta de água, sendo de maneira peculiar nas áreas onde a disponibilidade é baixa, como acontece no semiárido brasileiro.

2.3. COLETA E ARMAZENAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA PARA FINS NÃO NOBRES

A proposta de uso de água de chuva em residências, como em qualquer sistema, deve seguir uma metodologia embasada em normas. De acordo com a NBR 15527 (ABNT, 2007), os requisitos básicos para o aproveitamento de águas pluviais estão relacionados com o planejamento das áreas de coleta e armazenamento, a concepção do projeto elencando todos os elementos básicos necessários e também a determinação dos prováveis usos não potáveis para cada projeto.

É uma solicitação da norma de que alguns componentes básicos estejam relacionados no sistema como: calhas e condutores, área do plano da cobertura, reservatório de armazenamento e distribuição, pontos de uso e também a constatação de possíveis elementos contaminantes e suas maneiras de prevenção de qualidade para cada época do ano e para cada região. O dimensionamento e a escolha destes componentes dependem de fatores relacionados à área de captação, volume de precipitação, utilização da água a ser coletada e nível de qualidade necessária para cada uso (ABNT, 2007).

Frequentemente os sistemas estudados são constituídos por uma estrutura mais simplificada que o esquema recomendado pela ANA, necessitando de ajustes que possibilitem a melhoria da qualidade da água de chuva coletada, pois as análises efetuadas em laboratório de tais experimentos evidenciam os resultados como aquém dos parâmetros recomendados pela legislação brasileira.

As adaptações que tem por objetivo otimizar o sistema deverão considerar a influência da localização, o regime de chuvas, as condições climáticas, superfície de drenagem e material que a constitui e para as questões relacionadas ao dimensionamento os seguintes fatores devem ser levados em conta: número de residentes, área de captação e clima da região (PROSAB, 2009).

2.3.1 QUALIDADE DA ÁGUA PLUVIAL

Os padrões de qualidade são definidos conforme a utilização prevista e a superfície de escoamento, para tanto as águas pluviais coletadas podem ter os seguintes usos: descargas em bacias sanitárias, limpeza de pisos, irrigação, rega de jardins, lavagem de veículos e uso ornamental (ABNT, 2007).

PROSAB (2006) destacou três períodos distintos de um sistema de aproveitamento de água da chuva que influenciam em sua qualidade: ao passar na atmosfera, após a passagem pela área de captação e ao ser armazenada. Para cada um destes períodos, a qualidade ou a ausência desta estará condicionada a fatores ambientais, material e condição da área de captação, material da cisterna e material da superfície de escoamento (telhados e calçamento). A recomendação é então que se descarte a primeira água de chuva com o objetivo de minimizar o impacto do material carreado através da cobertura até o dispositivo de armazenamento, pois com frequência a contaminação da água acontece por fezes de pássaros e de pequenos animais. Em regiões onde a água pluvial é utilizada para fins potáveis recomenda-se o uso de cloro ou luz ultravioleta para desinfecção, como também quando for o caso de ingestão direta e confecção de alimentos, esta só poderá ser consumida após ser fervida.

2.3.2 POTABILIDADE DA ÁGUA

De acordo com a Portaria nº 2914 do Ministério da Saúde (MS, 2011), água potável é *a água destinada ao consumo humano a qual deve obedecer aos padrões de potabilidade,* estes padrões são definidos pela legislação brasileira e aplicados para quaisquer empreendimentos. Estes parâmetros são destinados a manter a qualidade da água em níveis que não ofereçam riscos à saúde e devem seguir pelo menos os padrões microbiológicos, físicos e químicos.

Mesmo as chamadas soluções alternativas de abastecimento como fontes, poços, distribuição de água por carro-pipa e água de chuva, em seus usos devem acatar aos parâmetros de controle de qualidade. Este controle diz respeito ao conjunto de atividades destinadas à verificação da potabilidade da água fornecida à população, onde as análises em laboratório são comparadas com os parâmetros estabelecidos pelas normas brasileiras (BRASIL, 2004).

Como a água utilizada em torneiras e chuveiros destina-se à higiene pessoal, deve ser observado o padrão de potabilidade estabelecido na Portaria MS n° 2.914/2011 do Ministério da saúde (BRASIL, 2011). Já com relação à água utilizada em vasos sanitários, a exigência de qualidade da água é menos restritiva, possibilitando o uso de fontes alternativas, desde que as tubulações e reservatórios destinados para esse fim não se interliguem com as instalações de água potável.

Com relação às fontes alternativas, a norma a ser observada é a NBR 15527/2007, que fornece os requisitos para o aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis e solicita que se use a tabela de parâmetros, mesmo dando a liberdade ao projetista de definir a qualidade e os usos previstos em projeto, conforme mostra a Tabela 2.

Tabela 1- Parâmetro de qualidade da água para usos não potáveis.

PARÂMETRO	ANÁLISE	REFERÊNCIA
Coliformes Totais (NMP/100mL)	Semestral	Ausência em 100mL
Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	Semestral	Ausência em 100mL
Cloro residual livre	Mensal	0,5 a 3,0mg/L
Turbidez	Mensal	<2,0 uT, para usos menos restritivos <5,0 uT
Cor aparente (uT)	Mensal	<15,0 uT
pH	Mensal	6,0 a 8,0

Fonte: Adaptada da ABNT/2007

2.3.3 PROCESSOS DE FILTRAÇÃO

Desde o século XIX, países como a Escócia, utilizam em suas redes de abastecimento de água sistemas de filtração como tratamento para se evitar doenças de veiculação hídrica, sendo citado como o mais importante processo na cadeia de tratamento para água de consumo humano (RICHTER, 2009).

A filtração consiste no isolamento de impurezas que estejam contidas no meio aquoso, por meio de sua passagem por meios filtrantes, como a areia e o carvão, sendo que a dimensão do grão tem grande influência na remoção destas impurezas.

De maneira tradicional, os filtros podem ser classificados em rápidos ou lentos de acordo com a velocidade de filtração que leva em consideração fatores como área de coleta e volume de vazão. Estudos recomendam que para pequenas comunidades seja feito o uso do filtro lento, onde se pode ter melhor controle da vazão da operação (RICHTER, 2009).

O emprego da areia como meio filtrante já vem sendo feito há muitos anos na Holanda e Inglaterra. Atualmente introduziu-se uma camada de carvão ativado, que de acordo com Di Bernardo (2005), aumenta a eficiência de remoção de matéria orgânica. O tratamento da água com carvão ativado reduz a quantidade de micro-organismos devido a sua grande capacidade de adsorção, que segundo Duck (2006) é a capacidade do carvão de atrair moléculas orgânicas que estão dispersas em um meio líquido.

No Brasil, a água para consumo humano recebe em mais de 70% dos casos o tratamento convencional ou de ciclo fechado, composto no mínimo de cinco etapas. O uso da filtração como sistema exclusivo de tratamento ou sistema não convencional ainda não é uma realidade nas estações de tratamento (DI BERNARDO, 2009).

2.3.4 DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO DE ARMAZENAMENTO

Há diversos métodos para o cálculo do dimensionamento do reservatório de armazenamento descritos na NBR 15527/2007. As metodologias abrangem determinadas características adaptáveis de cada região, são aspectos relacionados ao meio, como presença de áreas industriais, elementos que compõem as superfícies de escoamento e armazenamento, presença de árvores e pássaros, frequência de chuvas e períodos de estiagem. Considerando estes aspectos e as demandas per capita que se adota um ou mais métodos de cálculo para que se tenha um aproveitamento máximo do volume de captação do sistema.

O procedimento metodológico mais comumente empregado é o método Rippl, o qual se utiliza principalmente dos dados históricos de precipitação pluviométrica mensal da região, sendo suas principais fórmulas demonstradas na norma NBR 15527 (ABNT, 2007).

De acordo com a NBR 12216 (ABNT, 1992), um dos primeiros aspectos a serem registrados é a denominada taxa de filtração, que por definição é a velocidade com que a água passa pelo leito dos meios filtrantes, isto é, quanto mais devagar, maior o rendimento de retenção de partículas do leito. O volume de água de chuva aproveitável depende do coeficiente de escoamento superficial da cobertura, bem como da eficiência do sistema de descarte do escoamento inicial (ABNT, 2007).

2 REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12216:** Projeto de estação de tratamento de água para abastecimento público. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

ABNT- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10844:** Instalações Prediais de Águas pluviais. Captação e uso local de águas pluviais. Rio de Janeiro: ABNT, 2000.

ABNT- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527:** Água da chuva: Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis: Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2007.

ABNT- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11799:** Materiais Filtrantes – Areia, antracito e pedregulho - Especificações. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Panorama da qualidade das águas superficiais no Brasil.** Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos. Brasília. 2005. Disponível em: http://portalpnqa.ana.gov.br/Publicacao/PANORAMA_DA_QUALIDADE_DAS_AGUAS.pdf. Acesso em: 06/09/2017

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Fatos e Tendências.** Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos. Brasília. 2009. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/publicacoes/fatosetendencias/edicao_2.pdf>. Acesso em: 06/09/2017

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Panorama da qualidade das águas superficiais no Brasil. ANA (Agência Nacional de Águas).** Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos. Brasília. 2012. Disponível em: <http://portalpnqa.ana.gov.br/Publicacao/PANORAMA_DA_QUALIDADE_DAS_AGUAS.pdf>. Acesso em: 06/09/2017

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Conjuntura dos recursos hídricos: Informe 2016.** Brasília. 2016. Disponível em: <http://www3.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos>. Acesso em: 06/09/2017

ANDRADE, M. A.N.; LISBOA, M. B.; DE MELO LISBOA, H. Reservatório de ardósia para sistemas de aproveitamento de água de chuva. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 22, n. 3, 2017.

ARAKAWA, F.S. et al. Modificação e caracterização de carvão ativado impregnado com Ag e Cu para utilização no tratamento de água, In: Congresso Brasileiro de Engenharia Química, XX., 2014, Florianópolis. Blucher Chemical Engineering Proceedings, 2014. p. 7722-7729.

BEZERRA, S. M. da C. et al . Dimensionamento de reservatório para aproveitamento de água de chuva: comparação entre métodos da ABNT NBR 15527:2007 e Decreto Municipal 293/2006 de Curitiba, PR. **Revista Ambiente Construído (Online)**, Porto Alegre , v. 10, n. 4, p. 219-231, Dec. 2010 Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-86212010000400015&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 13 Mar. 2018.

Bocanegra-Martínez, A et al. Optimal design of rainwater collecting systems for domestic use into a residential development. **Resource Conservation Recycle**, 2014. p.44–56.

MS – MINISTÉRIO DA SAÚDE (Brasil). Secretaria de Vigilância em Saúde. **Portaria no 2914, de 12 de dezembro de 2011.** Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial [da] União, Brasília/DF, Seção 1, 14 dez. 2011.

MS – MINISTÉRIO DA SAÚDE (Brasil). Secretaria de Vigilância em Saúde. **Perguntas de Respostas sobre a Portaria MS N° 2.914/2011b.** Brasília/DF. Editora do Ministério da Saúde, 2012.

MEC – MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E CULTURA (Brasil). Educação Profissional. **Referências curriculares nacionais da Educação Profissional de Nível Técnico.** Brasília, 2000. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/setec/arquivos/pdf/meioambi.pdf>. Acesso em: 01/10/2017

MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (Brasil). **Lei 6.938, 1981. Política Nacional de Meio Ambiente.** Brasília, 1981. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=313>. Acesso em: 01/10/2017.

BRUNI, J. C. **Water and life.** Tempo soc., São Paulo, v. 5, n. 1-2, p. 53-65, dez. 1993. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010320701993000100053&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 19/09/2017.

CALHEIROS, H. C.; GOMES, M. R.; ESTRELLA, P. M. A. Calidad de las aguas meteóricas en la ciudad de Itajubá. **Rev. Ambiente Água**, Taubaté, v. 9, n. 2, p. 336-346, jun. 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1980-993X2014000200014&lng=es&nrm=iso>. Acesso em: mar. 2018.

CURITIBA. Lei Municipal no 10.785, de 18 de setembro de 2003. **Cria no município de Curitiba o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações.** Curitiba, 18 de set. de 2003.

CENTRO DE TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE ALAGOAS. **Manual Técnico para Coleta de Amostras de Água.** Florianópolis. 2009. Disponível em: <http://www.ctec.ufal.br/professor/elca/manual_coleta_%C3%81gua.pdf>. Acesso em: jul. 2017.

DI BERNARDO, L. **Tratamento de água para abastecimento por filtração direta.** Rio de Janeiro: Editora Rima, 2003.

DI BERNARDO, L. et al. **Tratamento de água para abastecimento por filtração em múltiplas etapas.** Rio de Janeiro: ABES,1999.

DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. Di Bernardo. Métodos e técnicas de tratamento de água. **Eng. Sanit. Ambient.,** Rio de Janeiro, v. 11, n. 2, p. 107, jun. 2006.

DUCK, P. J. Van. ; VOORDE, H. Van Den. Activated charcoal and microflora in water treatment. **Water Research**, v. 18, p.1361-1364, 2003. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/dmdocuments/publicacao8.pdf>. Acesso em: 28/09/2017.

ERBA, C. M.; TANGERINO, E. P.; CARVALHO, S. L. de; e ISIQUE, W. D. Remoção de diclofenaco, ibuprofeno, naproxeno e paracetamol em filtro ecológico seguido por filtro de carvão granular biologicamente ativado. **Eng. Sanit. Ambient.** [online]. 2012, vol.17, n.2, pp.137-142. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/esa/v17n2/a02v17n2.pdf>. Acesso em: 05/04/2017.

EDU. Enciclopédia Delta Universal. (1986) Rio de Janeiro, Ed. Delta S.A., vol. 1.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATONS, WWC - WORLD WATER COUNCIL, 2015. **Towards a Water and Food Secure Future: Critical Perspectives for Policy-makers.** Rome. Disponível em: <http://www.fao.org/nr/water/ AQUASTAT/countries_regions/lac/index3.stm>. Acesso em: abr. 2017.

FUNASA – FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. **Manual prático de análise de água.** 2ª ed. rev. - Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2006.

GARCÍA-MONTOYA, M. et al. Silmultaneous design of water reusing and rainwater harvesting systems in a residential complex. **Computers & chemical enginering.** v. 76, p. 104-116, 2015.

GHISI, E.; DE OLIVEIRA, S. M. Potencial de economia de água potável combinando o uso de água da chuva e água cinza em casas no sul do Brasil. **Building and Environment** , v. 42, n. 4, p. 1731-1742, 2007.

GUIMARÃES, B. V. C. et al. **Captação e aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis e potáveis.** Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer-Goiânia, (2015). Disponível em: <www.conhecer.org.br/enciclop/2015b/multidisciplinar/Captacao%20e%20Aproveitamento.pdf>. Acesso em: 05/04/2017.

HAGEMANN, S. E.; GASTALDINI, M. do C. C. Variação da qualidade da água de chuva com a precipitação: aplicação à cidade de Santa Maria - RS. **Revista Brasileira de Recursos hídricos**. Porto Alegre , v. 21, n. 3, p. 525-536, set. 2016. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2318-03312016000300525&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: mar. 2018.

IBGE- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico.** 2008. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/umuarama/pesquisa/30/0>. Acesso em: 16/01/2018.

IPARDES – INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. **Mapa dos Recursos Hídricos do Estado do Paraná.** Águas do Paraná. 2015. Disponível em: <http://www.ipardes.gov.br/pdf/mapas/base_ambiental/03_recursos_hidricos.jpg>. Acesso em: set. 2017.

KIM, Byungil et al. A real option perspective to value the multi-stage construction of rainwater harvesting systems reusing septic tank. **Water resources management**, v. 28, n. 8, p. 2279-2291, 2014.

LADE, O.; OLOKE, D.; CHINYIO, E.; FULLEN, M. Potential for potable water savings by using rainwater: a case study of Ibadan. Nigeria. **International Journal of Advancements in Research & Technology**, v. 2, n. 4, p. 117-131, abr. 2013.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água.** 3. ed. rev. e ampl. Campinas: Átomo, 2010. 494p.

LEONG, Janet Yip Cheng et al. **Quantification of mains water savings from decentralised rainwater, greywater, and hybrid rainwater-greywater systems in tropical climatic conditions**. Journal of Cleaner Production, 2017.

LIEBMANN, H. **Terra um planeta inabitável?** Da antiguidade até os nossos dias, toda a trajetória poluidora da humanidade. Rio de Janeiro. Ed. Be. 1979.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água.** 3. ed. rev. e ampl. Campinas: Átomo, 2010. 494p.

LUNA, Y. H. D. M., SANTANA, N. C. B., JÚNIOR, G. B. A., & dos Anjos Júnior, R. H. (2014). Qualidade da água de chuva em João Pessoa: estudo comparativo com diversos padrões de qualidade conforme os usos pretendidos para água em edificações residenciais. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais**, 2(1), p. 53-68.

MEC – MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO/ MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Consumo Sustentável: Manual de Educação.** Brasília: Consumers International/ MMA/ MEC/ IDEC, 2005. 160 p. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/dmdocuments/publicacao8.pdf>. Acesso em: set. 2017.

MECHELL, J. et al. **Rainwater Harvesting: System Planning.** Texas AgriLife Extension Service. College Station, TX. Draft version September 2009. Disponível em: <https://greywateraction.org/wp-content/uploads/2014/11/Rainwater-Harvesting-System-Practitioner-Manual.pdf>. Acesso em: nov. 2017.

MURTHA, N. A.; HELLER, L. Avaliação da influência de parâmetros de projeto e das características da água bruta no comportamento de filtros lentos de areia. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 8, n. 4, p. 257-267, 2003.

NAKADA, L.Y. K.; MORUZZI, R.B. Variabilidade qualitativa de águas pluviais coletadas em telhado e sua importância na concepção do sistema de tratamento. **Eng. Sanit. Ambient.**, Rio de Janeiro , v. 19, n. 1, p. 1-9, Mar. 2014 . Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522014000100001&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: mar. 2018.

PROSAB – PROGRAMA EM PESQUISA EM SANEAMENTO BÁSICO. **Tecnologias de segregação e tratamento de esgotos domésticos na origem, visando a redução do consumo de água e da infraestrutura de coleta, especialmente nas periferias urbanas.** Rio de janeiro: ABES, 2006.

PROSAB – PROGRAMA EM PESQUISA EM SANEAMENTO BÁSICO. **Remoção de microorganismos emergentes e micro contaminantes orgânicos no tratamento de água para consumo humano.** Valter Lucio de Padua (coordenador). Rio de Janeiro: ABES, 2009.

PROSAB – PROGRAMA EM PESQUISA EM SANEAMENTO BÁSICO. **Manejo de Águas Pluviais Urbanas.** Antonio Marozzi Righetto (coordenador). Rio de janeiro: ABES, 2009.

PROSAB – PROGRAMA EM PESQUISA EM SANEAMENTO BÁSICO. **Conservação de Água e Energia em sistemas prediais e públicos de abastecimento de água.** Ricardo Franci Goncalves (coordenador). Rio de janeiro: ABES, 2009.

PROSAB – PROGRAMA EM PESQUISA EM SANEAMENTO BÁSICO. **Tratamento de água para abastecimento por filtração direta.** Luiz Di Bernardo (coordenador). Rio de janeiro: ABES, 2003.

PROSAB – PROGRAMA EM PESQUISA EM SANEAMENTO BÁSICO. **Alternativas para Desinfecção de Água.** Luiz Antonio Daniel (coordenador). São Paulo: Editora Rima, 2001.

RICHTER, C. A. **Água: métodos e tecnologias de tratamento.** São Paulo: Blucher, 2009.

SNIS – SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. **Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos.** Ministério das Cidades/ Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. 2015.

SILVA, C. V. da; HELLER, L.; CARNEIRO, M. Cisternas para armazenamento de água de chuva e efeito na diarreia infantil: um estudo na área rural do semiárido de Minas Gerais. **Engenharia Sanitária e Ambiental,** Rio de Janeiro, v. 17, n. 4, p. 393-400, Dec. 2012. Disponível em: <www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522012000400006&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: mar. 2017.

SILVA, G. G. Tratamento de água de reservatórios por dupla filtração, oxidação e adsorção em carvão ativado granular. **Eng. Sanit Ambient,** v. 17, n. 1, p. 71-80, 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/esa/v17n1/v17n1a11>. Acesso em: maio 2017.

SOUZA, J.F.; NETO M.R.F; SOUZA, M.A.S.; VENEU, D.M. Aproveitamento de água de chuva para usos não potáveis na Universidade Severino Sombra. **Revista Eletrônica Teccen.** 2016 Jan./Jun. Disponível em: <http://editorauss.uss.br/index.php/TECCEN/article/viewFile/212/160>. Acesso em: abr. 2017.

TEIXEIRA, C. A.; BUDEL, M. A.; CARVALHO, K. Q. de; BEZERRA, S. M. da C.; GHISI, E. Estudo comparativo da qualidade da água da chuva coletada em telhado com telhas de concreto e em telhado verde para usos não potáveis. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 17, n. 2, p. 135-155, abr./jun. 2017.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis.** Ed. Navegar. São Paulo. 2º Ed. 2003.

UNESCO – UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION. Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2017. **Águas residuais - O recurso inexplorado.** Resumo Executivo. Disponível em: <http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002475/247552por.pdf>. Acesso em: set. 2017.

UNICEF – UNITED NATIONS CHILDREN FUND. **Dia Mundial da Água: Quase 750 milhões de pessoas ainda não têm acesso a água potável adequada.** 2015. Disponível em: <https://www.unicef.org/brazil/pt/media_29176.html.> Acesso em: set. 2017.

UNICEF – UNITED NATIONS CHILDREN FUND. PCM- Programa Conjunto de Monitoração, JMP – Joint Monitoring Programme. 2017. Disponível em: <https://www.unicef.org/brazil/pt/media_29176.html>. Acesso em: set. 2017.

VERAS, L. R. V., & Di Bernardo, L. Tratamento de água de abastecimento por meio da tecnologia de filtração em múltiplas etapas-FIME. **Engenharia Sanitária e Ambiental**. Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S141341522008000100014&script=sci_abstract&tlng=pt>. Acesso em: maio 2017.

WESTPHALEN, A. P. C.; CORÇÃO, G.; BENETTI, A. D. Use of biological activated carbon for drinking water treatment. **Engenharia Sanitária e Ambiental,** v. 21, n. 3, p. 425-436, 2016. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/esa/v21n3/1809-4457-esa-46-02-S1413_41522016143108.pdf>. Acesso em: maio 2017.

WHO – WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first addendum.** Geneva: World Health Organization; 2017. Disponível em: www.who.int/water_sanitation_health/publications/2011/dwq_guidelines/en/. Acesso em: maio 2017.

WHO – WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Progress on drinking water, sanitation and hygiene: 2017 update and SDG baselines.** Geneva: World Health Organization (WHO) and the United Nations Children's Fund (UNICEF), 2017. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. Disponível em: <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/JMP-2017-report-final%20(1).pdf>. Acesso em: maio 2017.

WISBECK, E.; SANDRI, E. K.; SOARES, A. L. M. and MEDEIROS, S. H.W. Desinfecção de água de chuva por radiação ultravioleta. **Eng. Sanit. Ambient. [online]**. 2011, vol.16, n.4, pp.337-342. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/esa/v16n4/a04v16n4.pdf>. Acesso em: mar. 2011.

3 OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GERAL

Implantar um sistema de captação, filtração e armazenamento de água de chuva, como alternativa sustentável para a gestão do uso racional da água para uso residencial.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Dimensionar, projetar e implantar um sistema de coleta de águas pluviais;
- Realizar a caracterização físico-química e microbiológica da água *in natura*;
- Realizar a caracterização da água de chuva pós filtração em dois sistemas com areia e carvão ativado comercial e com areia e carvão ativado impregnado com prata;
- Avaliar a eficácia dos processos de filtração da água por caracterização físico-química e microbiológica;
- Analisar qualidade da água de chuva para verificação dos possíveis usos dentro da residência baseado na eficácia do processo de acordo com a normativa NBR 15527 (ABNT, 2007)

4 ARTIGO

AVALIAÇÃO DE UM SISTEMA RESIDENCIAL PARA COLETA DE ÁGUA DE CHUVA

Alessandra de Castro Silva Pedrangelo [1]

Ana Carolina Dias de Albuquerque[2]

Luciana Cristina Soto Herek Rezende [1,2]

1 Centro Universitário de Maringá - UniCesumar, CP: 87050-900, Maringá, PR.
2 Instituto Cesumar de Ciência, Tecnologia e Inovação - ICETI, CP: 87020-900, Maringá, PR.
e-mail: alepedrangelo@gmail.com; luciana.rezende@unicesumar.edu.br

RESUMO

A demanda por água vem a cada década aumentando, em usos domésticos, agropecuários e industriais, em uma velocidade que a natureza em seu ciclo hidrológico, não parece ser capaz de depurar. Para tanto, buscam-se alternativas que auxiliem a natureza a cumprir esse papel. A coleta e reuso da água de chuva, vêm exatamente cumprir esta função, de certa forma se associando à natureza para suprir as necessidades humanas. Este trabalho averiguou a praticabilidade de um sistema de coleta, filtração e armazenamento de água de chuva em uma residência na cidade de Umuarama, Paraná, Brasil. Foram considerados os dados pluviométricos históricos do local, a área de captação e a demanda per capita para os cálculos dos dimensionamentos e estes foram determinados de acordo com a normativa NBR 15527/2007. Para que a qualidade da água *in natura* coletada também fosse avaliada esta foi submetida à caracterização através de análises físico-químicas e microbiológica da água armazenada sem filtração e com filtração. Os meios filtrantes utilizados foram a areia e o carvão ativado (CA), o último em duas versões, comercial e impregnado com prata. Os elementos foram caracterizados em suas granulometrias por meio de peneiramento. O desempenho da filtração foi apurado por meio da comparação dos resultados das análises da água *in natura* e pós-filtração. A filtração promoveu uma redução de 100% dos índices microbiológicos tanto no conjunto areia/carvão comercial quanto no conjunto areia/carvão impregnado com prata. Verificou-se também uma redução de 6m^3 da demanda por água tratada do sistema público de abastecimento.

Palavras-chave: águas pluviais. coleta de água de chuva. escoamento urbano. filtração. sustentabilidade.

ABSTRACT

The demand for water in domestic, agricultural and industrial use is increasing very fast every decade, so fast that nature seems uncapable to purify it. The collection and reuse of rainwater is seen as a way to help nature supplies human needs. This work assessed the practicability of a system that collects, filters and storages rainwater in a house in Umuarama, state of Paraná, Brazil. The data used came from the local pluviometer, the catchment area and the per capita demand for the calculation were based on the NBR 15527/2007. For the quality evaluation of the in natura collected rainwater, it was submitted both filtered and unfiltered into physicochemical and microbiological analyses. For the filtering process it was used two methods using sand and activated carbon (AC), the latter in two versions, commercially and impregnated with silver. The elements were characterized in their granulometry through sieving. The filtration performance was obtained by comparing both in natura and post filtered analyses of water. The filtration achieved a 100% reduction of the microbiological indices in both methods used for the purpose. Also was verified a decreasing of 6m³ in the consumption of treated water from the public supply system.

Keywords: Use of rainwater, Hydric sustainability, Rainwater treatment, Urban eco-efficiency.

INTRODUÇÃO

O aumento exponencial da população mundial tem gerado grande apreensão dos meios governamentais e científicos por causa da elevação do consumo de água no mundo (LEONG,2017, p. 946).

Mesmo sendo um recurso naturalmente renovável, o volume da demanda é muito maior que a velocidade de depuração da natureza e como resultado a qualidade das águas que serão captadas nas áreas urbanas vem decaindo, estas comprometidas pelo descarte nos mananciais do esgoto doméstico e resíduos industriais sem tratamento (HAGEMANN, 2016, p. 525).

De acordo com o relatório da UNESCO (2017) o prognóstico mundial, em relação a degradação dos recursos hídricos, indica que há uma tendência de diminuição da qualidade da água para abastecimento, devido aos limitados recursos financeiros desembolsados pelo poder administrativo na melhoria do saneamento público.

No Brasil o mesmo relatório esclarece que apesar de haverem grandes bacias hidrográficas há indicação de que determinadas regiões sofrem estresse hídrico. Fato este determinante para que a água disponível nos mananciais possa ser parcialmente substituída por um sistema alternativo de abastecimento de água.

Um sistema de captação de água de chuva pode contribuir para uma economia entre 33-35% da água fornecida pela rede de abastecimento público para uso doméstico, enquanto que em edifícios comerciais a economia permeia entre 14-17% (KIM, 2014, p. 2279).

Embora haja uma economia no uso da coleta da chuva, para que o sistema em si tenha um custo viável, pode ser necessário o dimensionamento de seus componentes, sendo utilizado para tanto a norma brasileira NBR 15527/2007, que indica o aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis (ANDRADE, 2017, p. 563).

A coleta de água de chuva pode ser um sistema economicamente atrativo, porém, este necessita de um teor de qualidade mínima para que não haja comprometimento da saúde do usuário. Tal comprometimento frequentemente ocorre quando as águas pluviais escoam pelas coberturas e tendem a carrear algumas impurezas que se depositam nelas no decorrer dos períodos de estiagem, portanto é fundamental o reconhecimento dos atributos de qualidade desta água (CALHEIROS, 2014, p. 336).

As características físicas da área de escoamento (cobertura) são fatores que de acordo com Teixeira (2017) podem também comprometer a qualidade da água coletada e armazenada sendo, portanto, atributos importantes a serem considerados no planejamento de um sistema.

A NBR 15527/2007 fornece os possíveis usos das águas coletadas, para tanto deve-se efetuar algumas análises biológicas, físicas e químicas, as quais contemplem os valores de referência desta norma. Ao se avaliar a qualidade da água coletada, pode-se determinar as condições de uso e, quando necessário, definir-se formas de descontaminação como pré-filtração, peneiramento, filtros em múltiplas camadas (NAKADA, 2014, p. 1).

Segundo Libânio (2010), o processo de filtração tem como prioridade a remoção de partículas responsáveis pela cor e turbidez, cuja presença indica a redução da eficiência da desinfecção que inativa ou elimina os micro-organismos patogênicos. De maneira tradicional, os filtros podem ser classificados em rápidos ou lentos de acordo com a velocidade de filtração que leva em consideração fatores como área de coleta e volume de vazão.

Diante do exposto, este trabalho teve por objetivo a implantação de um sistema de captação de águas pluviais e a verificação da qualidade da água *in natura* armazenada e pós filtração.

MATERIAIS E MÉTODOS

A cidade de Umuarama está localizada na porção noroeste do estado do Paraná (23^0 45’59.0” S 53^0 18’07.2” W), limitada pelas sub-bacias dos rios Ivaí e Piquiri inseridas na bacia hidrográfica do rio Paraná. Sua população estimada é de 108.218 habitantes distribuídos em uma área territorial de 1.227,43 km^2 (SNIS, 2015). O sistema de coleta de água de chuva está instalado no terreno de uma residência cuja área é de 111 m^2 e seu uso é unifamiliar tendo três ocupantes permanentes.

Para a verificação da viabilidade do sistema de coleta de águas pluviais, a metodologia foi organizada de acordo com a análise dos dados pluviométricos da região, dimensionamento, implantação do sistema de coleta de águas pluviais e as caracterizações da água in natura e pós-filtração.

Os dados pluviométricos deste estudo foram determinados através da média em mm/mês dos últimos cinco anos e obtidos a partir dos relatórios do Instituto das Águas do Paraná (2018). Definida a disponibilidade pluviométrica, foram determinados os usos e o nível de exigência da qualidade da água coletada.

A partir dos dimensionamentos elaborou-se o projeto. Implantou-se então o sistema que consiste na conexão dos seguintes elementos: calha de cobertura, tubos de PVC, cisterna, bomba de recalque, caixa d´água e torneira de uso externo.

A coleta de água foi realizada por meio de amostragem da água armazenada na cisterna e encaminhada para o laboratório da Universidade Estadual de Maringá (UEM), em duas situações distintas: água *in natura* e pós-filtração.

Para a montagem do filtro foi utilizada uma torre de acrílico em dimensões proporcionais ao filtro real. A torre de acrílico foi dividida em duas torres distintas com saídas individualizadas, subdivididas por meio de uma placa perfurada, em duas sub-câmaras. Na primeira foram dispostos os materiais filtrantes e na segunda câmara com a função de dispositivo de armazenamento temporário da água pós filtração. Os materiais utilizados foram a areia lavada e o carvão ativado dispostos em duas camadas com 15 cm e 35 cm, respectivamente. Duas formas diferentes de carvão foram empregadas, o carvão ativado comercial e carvão ativado impregnado com prata conforme Arakawa (2014). A granulometria da areia e do carvão foram ajustadas segundo a NBR 12216/92.

As amostras foram retiradas da cisterna em quatro volumes de 100mL cada. Duas amostras foram coletadas no mês de novembro/2017 e enviadas in natura para análise e duas foram coletadas no mês de janeiro de 2018, inseridas simultaneamente nos filtros e após 14

minutos de passagem pelas camadas dos meios filtrantes foram também encaminhadas para análise em laboratório.

As amostras de água coletadas foram analisadas por parâmetros físico-químicos: turbidez, pH, cor aparente, oxigênio dissolvido e cloro residual livre (Instituto Adolf Lutz, 2005) e microbiológicos, coliformes totais e coliformes termotolerantes (BEZERRA, 2010, p. 219).

Com a caracterização da água *in natura* e pós filtração avaliou-se a eficácia dos processos e determinação da qualidade da água de chuva e seus possíveis usos em meio residencial.

RESULTADOS

Primeiramente dimensionou-se o sistema de coleta de água de chuva de acordo com a demanda residencial (TOMAZ, 2011). A partir destes valores foi obtido um volume total de 7,63m^3/mês para os usos menos restritivos de irrigação de jardim, limpeza de carro e calçadas e descarga de bacias sanitárias.

A partir dos dados pluviométricos adquiridos para o período de 2013 a 2017, obteve-se a precipitação média para a região do estudo de 174,55 mm/mês dado este utilizado para os cálculos do volume de água de chuva aproveitável de 7,40 m^3 e do dimensionamento do reservatório de 10 m^3, conforme NBR 15527/2007.

Os resultados da caracterização físico-química e microbiológica da água, derivaram da amostragem da água in natura coletada diretamente da cisterna e armazenada em embalagens estéreis cedidas pelo laboratório do departamento de tecnologia da Universidade Estadual de Maringá, Campus Umuarama. Por meio dos resultados constatou-se um elevado teor de coliformes indicando a presença de fezes na água coletada, demonstrado na Tabela 1. Porém, na análise físico-química os valores não estiveram muito distanciados dos valores de referência, Tabela 2

Tabela 1- Análise microbiológica de água de chuva armazenada em cisterna

ANÁLISE	REFERÊNCIA	RESULTADO
Coliformes totais	Ausência em 100 mL	>16 NMP* em 100 mL
Coliformes termotolerantes	Ausência em 100 mL	>16 NMP* em 100 mL

NMP* - Número Mais Provável

Tabela 2- Análise físico-química de água de chuva armazenada em cisterna

ANÁLISE	REFERÊNCIA	RESULTADO
Turbidez	< 2,0 uT, menos restritivos	2,28 uT
pH	pH de 6,0 a 9,5	6,28
Cor Aparente	< 15,0 uH	8,0 uH,
Oxigênio Dissolvido	Mínimo 6,0 mg/L	5,5 mg/L
Cloro Residual Livre	Máximo 2,0 mg/L	0,18 mg/L

Para a redução dos coliformes a água *in natura* foi inserida em um filtro composto por areia lavada e carvão ativado, sendo este último testado em duas versões, uso comercial e carvão impregnado com prata, com o objetivo de ampliar a eficiência de filtração. As amostras de água provenientes do filtro foram liberadas por registros individuais, estas foram analisadas e seus resultados comparados tanto com a caracterização da água *in natura*, quanto com os parâmetros de qualidade de água determinados na NBR15527/2007.

As análises forneceram a identificação da eficiência dos meios filtrantes inseridos como dispositivo de filtração em um sistema de residencial de captação e aproveitamento de águas pluviais.

As Tabelas 3 e 4, apresentam os resultados das análises da água pós filtração com os meios filtrantes areia e carvão ativado comercial.

Tabela 3- Análise microbiológica de água de chuva filtrada pós-filtração, areia carvão ativado comercial.

ANÁLISE	REFERÊNCIA	RESULTADO
Coliformes totais	Ausência em 100 mL	Ausência em 100mL
Coliformes termotolerantes	Ausência em 100 mL	Ausência em 100mL

Tabela 4 - Análise físico-química de água de chuva pós-filtração, areia carvão ativado comercial.

ANÁLISE	REFERÊNCIA	RESULTADO
Turbidez	< 2,0 uT, menos restritivos	8,14 uT
pH	pH de 6,0 a 9,5	6,66
Cor Aparente	< 15,0 uH	65,0 uH,
Oxigênio Dissolvido	Mínimo 6,0 mg/L	5,45 mg/L
Cloro Residual Livre	Máximo 2,0 mg/L	0,17 mg/L

As Tabelas 5 e 6 mostram os resultados das análises da água pós filtração com os meios filtrantes areia e carvão ativado impregnado em prata.

Tabela 5 - Análise microbiológica de água de chuva filtrada pós-filtração, areia carvão ativado impregnado com prata

ANÁLISE	REFERÊNCIA	RESULTADO
Coliformes totais	Ausência em 100 mL	Ausência em 100mL
Coliformes termotolerantes	Ausência em 100 mL	Ausência em 100mL

Tabela 6 - Análise físico-química de água de chuva pós-filtração, areia carvão ativado impregnado com prata.

ANÁLISE	REFERÊNCIA	RESULTADO
Turbidez	< 2,0 uT, menos restritivos	2,2 uT
pH	pH de 6,0 a 9,5	6,2
Cor Aparente	< 15,0 uH	18,5 uH,
Oxigênio Dissolvido	Mínimo 6,0 mg/L	4,5 mg/L
Cloro Residual Livre	Máximo 2,0 mg/L	0,08 mg/L

O dimensionamento do sistema obteve resultados satisfatórios para as necessidades de uma residência com três ocupantes e área de aproximadamente 100m^2. As análises realizadas pós filtração com areia e carvão ativado comercial, geraram seguintes resultados: não houve redução do pH e nem do cloro residual livre, a turbidez teve um aumento de 28% e a cor aparente de cerca de 12%. Na análise microbiológica houve uma redução de 100 % de coliformes em uma amostra de 100 mL quando comparadas com a análise da água *in natura*. As análises realizadas pós filtração com areia e carvão ativado comercial, geraram seguintes resultados: não houve redução do pH, o cloro residual livre obteve uma redução de cerca de 44%, a cor e a turbidez mantiveram-se iguais e a cor aparente obteve um aumento de 43%. Na análise microbiológica houve uma redução de 100 % de coliformes em uma amostra de 100 mL com relação a análise da água *in natura*.

DISCUSSÃO

A reserva de água de chuva comparada com a demanda necessita de um aumento do volume de coleta por meio da ampliação da área de escoamento. Quanto a granulometria do carvão e da areia como meios adsorventes, se encontram dentro das normas necessitando apenas de ampliação nos estudos acerca do volume mais adequado para uma maior eficiência de filtração (ARAKAWA, 2014, p.7722). Quanto ao pH não houve visível mudança, porém quanto a turbidez houve uma variação discrepante que pode ter sido originada pelo excesso de particulados finos pulverizados a partir da moagem do carvão, necessitando assim da lavagem deste antes do uso em filtros. As análises microbiológicas da água *in natura* quando comparadas a água pós filtração, demonstraram uma grande redução perante o uso da areia e do carvão não havendo necessidade, portanto, de um controle microbiológico da água armazenada por meio de soluções como o hipoclorito de sódio.

CONCLUSÕES

A partir da análise dos resultados deste estudo concluiu-se que a demanda de água de uma residência pode ser parcialmente suprida por meio de coleta e reuso de águas pluviais observado que o regime pluviométrico da localidade é suficiente. Também se concluiu que as águas pluviais necessitam de tratamento entre o armazenamento e o uso sendo que na análise comparativa dos resultados da água *in natura* e pós-filtração possibilitaram a verificação de considerável redução dos micro-organismos, propondo-se então a continuidade das pesquisas com relação ao uso dos meios filtrantes.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, M.A.N., LISBOA, M.B., DE MELO LISBOA, H. "Reservatório de ardósia para sistemas de aproveitamento de água de chuva", Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 22, n. 3, pp.563-570, Jun. 2017.

ARAKAWA, F.S. et al., "Modificação e caracterização de carvão ativado impregnado com Ag e Cu para utilização no tratamento de água", In: XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química, Blucher Chemical Engineering Proceedings, pp. 7722-7729, Florianópolis, Out. 2014.

BEZERRA, S.M. da C. et al., "Dimensionamento de reservatório para aproveitamento de água de chuva: comparação entre métodos da ABNT NBR 15527:2007 e Decreto Municipal 293/2006 de Curitiba, PR", Revista Ambiente Construído, v. 10, n. 4, pp. 219-231, Dec. 2010.

BOCANEGRA-MARTÍNEZ, A. et al. "Optimal design of rainwater collecting sys-tems for domestic use into a residential development", Resources, Conservation and Recycling, v.84, pp. 44–56, Mar. 2014.

CALHEIROS, H. C., GOMES, M. R., ESTRELLA, P. M. A. Calidad de las aguas meteóricas en la ciudad de Itajubá, Minas Gerais, Brasil. Revista Ambiente Água, Taubaté, v. 9, n. 2, pp. 336-346, Jun. 2014.

GARCÍA-MONTOYA, M. et al., Silmultaneous design of water reusing and rainwater harvesting systems in a residential complex, Computers &chemical enginering. v. 76, pp. 104-116, 2015.

GHISI, E.; DE OLIVEIRA, S. M., Potencial de economia de água potável combinando o uso de água da chuva e água cinza em casas no sul do Brasil, Building and Environment, v. 42, n. 4, pp. 1731-1742, 2007.

GUIMARÃES, B. V. C. et al.. Captação e aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis e potáveis, Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer-Goiânia, 2015.

HAGEMANN, S. E., GASTALDINI, M. do C. C., Variação da qualidade da água de chuva com a precipitação: aplicação à cidade de Santa Maria, Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, v. 21, n. 3, pp. 525-536, Set. 2016.

KIM, Byungil et al., A real option perspective to value the multi-stage construction of rainwater harvesting systems reusing septic tank, Water Resources Management, v. 28, n. 8, pp. 2279-2291, Abr. 2014.

LADE, O. et al., Potential for potable water savings by using rainwater: a case study of Ibadan, International Journal of Advancements in Research & Technology, v. 2, n. 4, pp. 117-131, Abr. 2013.

LEONG, J. Y. C. et al., Quantification of mains water savings from decentralised rainwater, greywater, and hybrid rainwater-greywater systems in tropical climatic conditions, Journal of Cleaner Production, Set. 2017.

LIBÂNIO, M., Fundamentos de qualidade e tratamento de água, 3a. ed., Campinas, Ed. Átomo, 2010.

NAKADA, L. Y. K., MORUZZI, R. B., Variabilidade Qualitativa de Águas Pluviais coletadas em telhados e sua importância na concepção do sistema de tratamento, Revista Engenharia Sanitária Ambiental, v. 19, n.1, pp. 1-9, Mar. 2014.

SNIS – Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento, Diagnóstico do manejo de Resíduos sólidos Urbanos, Ministério das Cidades, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, 2015.

TEIXEIRA, C. A. et al. Estudo comparativo da qualidade da água da chuva coletada em telhado com telhas de concreto e em telhado verde para usos não potáveis, Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 17, n. 2, pp. 135-155, Jun. 2017.

TOMAZ, P., Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis, 4º ed., São Paulo, Ed. Navegar. 2011.

5 NORMAS DO ARTIGO

REVISTA BRASILEIRA DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL

Como parte do processo de submissão, os autores são obrigados a verificar a conformidade da submissão em relação a todos os itens listados a seguir. As submissões que não estiverem de acordo com as normas serão devolvidas aos autores.

A contribuição é original e inédita, e não está sendo avaliada para publicação por outra revista; caso contrário, justificar em "Comentários ao Editor".

Os arquivos para submissão estão em formato Microsoft Word, OpenOffice ou RTF (desde que não ultrapasse os 2MB)

Todos os endereços de páginas na Internet (URLs), incluídas no texto (Ex.: http://www.ibict.br) estão ativos e prontos para clicar.

O texto está em espaço simples; usa uma fonte de 12-pontos; emprega itálico ao invés de sublinhar (exceto em endereços URL); com figuras e tabelas inseridas no texto, e não em seu final.

O texto segue os padrões de estilo e requisitos bibliográficos descritos em Diretrizes para Autores, na seção Sobre a Revista.

A identificação de autoria deste trabalho foi removida do arquivo e da opção Propriedades no Word, garantindo desta forma o critério de sigilo da revista, caso submetido para avaliação por pares (ex.: artigos), conforme instruções disponíveis em "Assegurando a Avaliação por Pares Cega".

REVISTA BRASILEIRA DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL [REVBEA]

A Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA) é fruto da organização e da capacidade de mobilização da Rede Brasileira de Educação Ambiental (REBEA). Ela tem um formato não acadêmico, em função do vasto e heterogêneo perfil dos protagonistas em Educação Ambiental (EA) do Brasil. Sua intenção não é disputar espaços contra as revistas acadêmicas, ao contrário, alia-se às inúmeras publicações internacionais e nacionais, oferecendo um outro espaço que possa revelar vivências, experiências, ensaios ou reflexões teóricas sobre a EA.

QUALIFICAÇÕES - QUALIS (ANO BASE 2015)

B2: Ciências Ambientais; Interdisciplinar.

B3: Ensino; Geografia; História.

B4: Administração, Ciências Contábeis e Turismo ; Engenharias I; Letras e Linguística.

B5: Ciências Agrárias I; Educação Física; Engenharias III; Geociências; Materiais; Medicina Veterinária; Psicologia; Serviço Social.

C: Biodiversidade; Ciências Biológicas III; Saúde Coletiva.

MODELO DO ARTIGO

Descrição dos estilos MSWord usados na revista RevBea

Description of MSWord styles used in the journal Matéria

Nome Sobrenome do Autor [1], Nome Sobrenome do Autor [2], Nome e Sobrenome do Autor [2]

[1] Laboratório de Hidrogênio - Labh2 – PEMM/COPPE/UFRJ CP: 68505 – 21941-972, Rio de Janeiro, RJ
e-mail: materia@labh2.coppe.ufrj.br
[2] Endereço dos outros autores 2 e 3
e-mail: outro.autor2@outros.autores.com; outro.autor3@outros.autores.com

RESUMO

Todo este documento está formatado com os estilos que devem ser usados. Os comentários ao lado são especificações dos estilos e servem de auxílio para a formatação em caso de dúvida.

A descrição seguinte detalha os estilos de formatação de texto usados no arquivo modelo da revista Matéria (arquivo modelo.dot), devendo ser usado em arquivos do MSWord, versão 6.0 ou mais recentes. Preferencialmente, os artigos gerados devem ser salvos em extensão .doc.

O resumo deverá conter um número entre 200 e 300 palavras no total, evitando o uso de palavras repetitivas. Seu conteúdo deverá dar uma ideia geral do assunto tratado no artigo e objetivo, informando suscintamente a metodologia, principais resultados e conclusões, não devendo conter referências bibliográficas, equações, figuras ou tabelas.

Usar formato de parágrafo justificado para todo o texto e letras corpo/tamanho 10pt com espaço entre as linhas (entrelinha) de 12pt. Esta seção de "resumo" deverá existir apenas para artigos em português ou espanhol. Não há necessidade de espaço duplo entre parágrafos, o estilo de texto já está configurado com essa característica.

Palavras-chave: máximo de 05 (cinco) palavras-chave.

ABSTRACT

This text describes all styles present in template "Arquivo_Modelo.dot", to be used with MSWord 6.0 or newer. This document begins with a general description of the format followed by a description of each style. A number between 200 and 300 words in the total for the abstract is suggested, preventing itself to use repetitive words.

Keywords: A maximum of 05 (five) keywords.

1. INTRODUÇÃO

A introdução deverá apresentar o tema do trabalho realizado, justificando o interesse baseado na literatura. Ele deverá ainda apresentar os objetivos do artigo.

Utilizar preferencialmente como estrutura geral a seguinte sequência:

1. Introdução;
2. Materiais e Métodos;
3. Resultados;
4. Discussão;
5. Conclusão;
6. Agradecimentos;
7. Bibliografia;
8. Anexo.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Esta seção deverá descrever todos os materiais, procedimentos e métodos usados na parte experimental ou teórica do trabalho.

Um ou mais anexos podem ser usados para descrever detalhes do arranjo experimental, de fabricação ou desenvolvimentos matemáticos usados no decorrer do trabalho.

Alguns artigos podem incluir uma revisão bibliográfica entre a introdução e os materiais e métodos.

2.1 Formatação

Todo o corpo de texto deverá ser escrito em uma coluna, no tipo Times New Roman com letras corpo/tamanho 10pt. Os títulos serão grafados em maiúsculas (CA, CAIXA ALTA) e os subtítulos em maiúsculas e minúsculas (Cab, Caixa alta e baixa), no tipo Arial Negrito, com letras corpo/tamanho 9pt. Nesses casos o espaço entre as linhas (entrelinhas) será sempre de 12pt.

As aberturas entre títulos ou subtítulos e o inicio dos textos, recuos e espaços entre parágrafos constam dos seus estilos específicos e estão configuradas neste documento.

O modelo preferencial de apresentação de tabelas está exemplificado na Tabela 1, cuja configuração consta dos seus estilos específicos, conforme comentários ao lado.

Tabela 1: Dimensões das páginas para todo o texto.

NOME	DIMENSÃO	UNIDADE
Papel A4	210 x 297	milímetros (mm)
Margem superior	2,5	centímetros (cm)
Margem inferior	2,5	centímetros (cm)
Margem esquerda	3,0	centímetros (cm)

Margem direita	2,5	centímetros (cm)
Cabeçalho	1,25	centímetros (cm)
Rodapé	1,25	centímetros (cm)

3. RESULTADOS

Esta seção deverá apresentar todos os resultados obtidos com as informações necessárias para se verificar com segurança os valores medidos e correspondente significância. Muito embora os resultados possam ser apresentados juntos com a discussão do seu significado, é sugerido que uma profunda discussão, baseada em informações da literatura seja apresentada em uma seção separada.

Cuidar para que na apresentação de todos os resultados experimentais tenha uma análise estatística, incluindo desvio padrão das medidas e barras de erro nos gráficos.

Um ou mais anexos podem ser usados para mostrar detalhes dos resultados analisados que venham a tornar a seção sobrecarregada.

3.1 Modelos de formatação no MSWord

Todos os estilos configurados neste documento para formatação dos artigos publicados na revista Matéria constam da Tabela 2, com as características básicas de cada um.

Tabela 2: Resumo dos formatos de cada estilo.

ESTILO	TIPO DA LETRA	CORPO/ ENTRELINHA	GRAFIA	ENTRELINHA ANTES	ENTRELINHA DEPOIS
01. título do artigo	**Arial negrito**	13pt/15pt	Maiúscula e minúscula (CAb) Caixa Alta e Baixa	28 pt	-
01. título do artigo_ idioma	Arial regular	13pt/15pt	Maiúscula e minúscula (CAb) Caixa Alta e baixa	15 pt	-
01. autor	Times New Roman	10pt/12pt	Maiúscula e minúscula (CAb) Caixa Alta e baixa	15 pt	-
01. informações do autor	Times New Roman	9 pt/12pt	Maiúscula e minúscula (CAb) Caixa Alta e baixa	28 pt	-
02. resumo/ abstract_título	**ARIAL NEGRITO**	9pt /12pt	MAIÚSCULA (CA) CAIXA ALTA	15 pt	3 pt
02. resumo/ abstract_texto	Times New Roman	10pt / 12pt	Sentença, texto corrido	-	3 pt
00. título	**ARIAL NEGRITO**	9pt / 12pt	MAIÚSCULA (CA) CAIXA ALTA	15 pt	3 pt
00. título_introdução	**ARIAL NEGRITO**	9pt / 12pt	MAIÚSCULA (CA) CAIXA ALTA	15 pt	3 pt

ESTILO	TIPO DA LETRA	CORPO/ ENTRELINHA	GRAFIA	ENTRELINHA ANTES	ENTRELINHA DEPOIS
00. subtítulo normal	**Arial Negrito**	9pt / 12pt	Maiúscula e minúscula (CAb) Caixa Alta e baixa	15 pt	3 pt
00. texto sem entrada	Times New Roman	10pt /12pt	Sentença, texto corrido	-	3 pt
00. texto com entrada	Times New Roman	10pt /12pt	Sentença, texto corrido	-	3 pt
03. tabela títulos	**ARIAL NEGRITO**	8pt/ 11pt	MAIÚSCULA (CA) CAIXA ALTA	-	-
03. tabela básica	Times New Roman	9pt /11pt	Maiúscula e minúscula (CAb) Caixa Alta e baixa	-	-
03. tabela_legenda	Times New Roman	9pt /11pt	Sentença	15 pt	9 pt
04. figura	Times New Roman	9pt /12pt	-	6 pt	-
04. figura_legenda	Times New Roman	9pt /12pt	-	9 pt	15 pt
05. bibliografia	Times New Roman	10pt /12pt	Sentença, texto corrido	-	3 pt
06. retranca	Times New Roman	8 pt/ 11 pt	Sentença	-	-
06. rodapé	Times New Roman	8 pt/ 11 pt	Sentença	-	-
07. lista	Times New Roman	10pt /12pt	Sentença	-	-

3.2 Figuras

As figuras são apresentadas na revista Matéria com o título em negrito/bold e a legenda deverá ser posicionada após a figura, como mostrado na Figura 1.

Figura 1: Logotipo da revista.

Para garantir uma boa legibilidade, as figuras que forem geradas como imagens deverão ser salvas em formato jpg., com resolução mínima de 300 dpi, formato mínimo de 1024 pixels pelo lado maior. Os originais devem ser enviados em anexo aos arquivos dos artigos para que possamos fazer eventuais acertos.

A figura deverá estar localizada e dimensionada no corpo do artigo.

4. DISCUSSÃO

Esta é a seção adequada do artigo para se adicionar conteúdo científico, pela análise dos resultados apresentados com o devido suporte da literatura e pelo modelamento e simulação de comportamentos e condições específicas.

4.1 Equação

Este estilo é usado para alinhar o objeto MS Equation e o seu respectivo número. Seu estilo é baseado no estilo “Texto”, com a diferença que ele apresenta uma dupla tabulação: a primeira para o objeto MS Equation, ajustada para a margem esquerda, e a segunda para a numeração de

equação, ajustada para a margem direita. A tabulação é realizada por meio de uma tabela sem bordas e sem preenchimentos. O espaçamento entre linhas é simples; o espaço antes e depois é de 12 pt. É possível introduzir espaço entre parágrafos do mesmo estilo. Cada parágrafo sequente possui o mesmo estilo.

Toda equação deverá estar inserida como figura alinhada à esquerda com recuo de 10 mm. A numeração da equação deverá estar alinhada pela direita tabulada na mesma linha da equação, como mostra o exemplo abaixo.

$$y = ax + b \tag{1}$$

Para inserir duas equações seguidas, pode-se copiar a linha anterior e colar na seguinte, o estilo estará automaticamente aplicado. Todas as equações deverão ser numeradas sequencialmente.

5. CONCLUSÕES

As conclusões deverão ser concisas e representar os aspectos mais importantes encontrados durante o desenvolvimento do trabalho reportado. Elas devem tentar apontar os avanços científicos e/ou tecnológicos e/ou teóricos efetivamente realizados.

6. AGRADECIMENTOS

Nesta seção podem ser dados os créditos aos suportes recebidos no trabalho.

7. BIBLIOGRAFIA

Os artigos obedecem as normas estabelecidas pela ABNT.

6. CONCLUSÃO GERAL

A demanda de consumo a ser atendida em uma residência é a variável mais importante a ser considerada na concepção de um sistema de coleta e reuso de água de chuva. Foi identificada que a demanda mensal apresentada neste trabalho, é 7,63 m3 e o volume aproveitável de acordo com a área de coleta é de 7,40m3, portanto o volume aproveitável está aquém da demanda, sugerindo um redimensionamento ou ampliação da área de coleta.

As maiores restrições na qualidade da água de chuva ocorrem após a sua passagem pela superfície de captação, identificadas as alterações foram feitas análises físico-químicas e microbiológicas.

Estas análises identificaram intensa atividade microbiológica na água armazenada no reservatório e uma considerável diminuição destas após a passagem pelo filtro. A diminuição foi de 100% para o filtro com areia e carvão ativado, concluindo-se que a filtração é eficiente quanto a diminuição ou inativação microbiológica, porém necessitando de aperfeiçoamento dos estudos quanto a diminuição dos parâmetros físico-químicos.

7. ANEXO

A) Cálculo do volume de água consumido na residência

A coleta de águas pluviais para uso residencial é de uso restrito para fins não potáveis como rega de jardim, descarga de bacias sanitárias, limpeza de calçamentos e veículos, portanto, havendo a necessidade da separação dos usos em uma residência, esta separação ocorre primeiramente a partir do cálculo das demandas de consumo residencial, (ABNT, 2007).

Dados levantados da residência

Números de ocupantes	03	pessoas
Área do terreno	450	m²
Área construída	112	m²
Área de quintal	338	m²
Área de jardim	203	m²
Área de quintal c/ calçada	135	m²

Dados do consumo da descarga de bacia Sanitária

Números de ocupantes	03	pessoas
Volume por descarga*	9	l/descarga
Taxa de utilização*	5	descargas/pessoa.dia
Vazamento*	1,08	l/descarga
Vazão	145,80	l/dia
Vazão mensal	4.374	l/mês

Memorial de Cálculo:

V mensal= número de ocupantes X Taxa de utilização X volume por descarga

V mensal=3 X 5 X 9 = 135 L/pessoa.dia

V mensal= 135 X vazamento= 135X 1,08= **145,8 l/dia**

V mensal=145,8 X 30 dias= **4.374 L/mês ou 4,37 m³/mês**

Dados da rega de jardim (área de jardim)

Taxa adotada*	2	l/dia.m²
Frequência de regas por 30 dias	0,13=4	Regas/mês
Área permeável	203	m²
Vazão mensal	4872	l/mês

Memorial de Cálculo:

V mensal= área X Taxa adotada X frequência X 30

V mensal= 203X 2 X 0,13 X 30

V mensal= **1.583,4 l/mês ou 1,58 m³/mês**

Dados da lavagem de carro

Quantidade de carros	01	Unidade
Taxa adotada*	150	L/lavagem.carro
Lavagens mensais(frequência)	04	Lavagens/carro
Vazão mensal	600	L/mês

Memorial de Cálculo:

V mensal= quantidade carros X Taxa adotada X Frequência

V mensal=1 X 150 X 4

V mensal = **600 l/mês ou 0,60 m³/mês**

Dados da limpeza de calçadas

Área de calçada	135	m²
Taxa adotada*	2	l/dia.m²
Lavagens semanais (frequência)	1	semanais
Qtdade/mês	4	semanas/mês

Memorial de Cálculo:

V mensal= área X Taxa adotada X Frequências semanais X 04 semanas

V mensal=135 X 2 X 1 X 4=

V mensal= **1.080 l/mês ou 1,08 m³/mês**

Somatória da demanda de consumo para a água de chuva coletada.

V mensal total= BACIA SANITÁRIA+JARDIM+CARRO+CALÇADA

V mensal total= **4.374+1.583,4+600+1080**

V mensal total= **7.637,4 l/mês ou 7,63m³/mês**

B) Cálculo do volume aproveitável de precipitação de acordo com a superfície de escoamento, coeficiente de Runoff.

A precipitação média (P) dos últimos 5 anos é de 174,55 mm/mês(0,17m), a área de coleta (A) é de 57,30 m², o coeficiente (C) é 0,80 e o η é 0,85(adotados), aplicando-se a equação:

$$V = Px\ A\ x\ C\ x\ \eta \quad (1)$$

V = 0,17x 57,30 x 0,8x 0,95 = 7,40 m³/ mês ou 7403,16 Litros/mês ou 246,77 Litros/dia