

USO DA MORINGA OLEIFERA NO TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS DE USINAS DE CONCRETO: MAPEAMENTO SISTEMÁTICO

Moringa oleifera use in concrete plants wastewater treatment: mapping study

Heber Martins de Paula¹, Marina Sangoi de Oliveira Ilha²

Recebido em 16 de abril de 2015; recebido para revisão em 03 de setembro de 2015; aceito em 08 de outubro de 2015; disponível on-line em 2 de fevereiro de 2016.



PALAVRAS CHAVE:

Moringa oleifera;
Água residuária;
Usinas de concreto;
Tratamento de água

KEYWORDS:

Moringa oleifera;
Wastewater;
Concrete plant;
Water treatment

RESUMO: A destinação correta dos resíduos de usinas de concreto é exigida por lei, sendo a água residuária um dos principais resíduos a serem considerados. Este trabalho apresenta uma revisão sistemática de estudos que investigaram a gestão ambiental em usinas de concreto, com foco no reuso das águas residuárias e no emprego da *Moringa oleifera* como coagulante natural a ser utilizado como processo complementar à sedimentação. Este estudo faz parte de uma pesquisa que tem como objetivo avaliar o potencial de uso da *Moringa oleifera* no tratamento de águas residuárias em usinas de concreto. As fontes de pesquisa foram as seguintes bases de dados indexadas: Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Scopus, Compemdex e Science Direct. Cabe destacar que a aplicação do Mapeamento Sistemático na elaboração de revisão bibliográfica permitiu identificar as principais lacunas para o desenvolvimento de novas pesquisas, além disso, direciona para as principais publicações ligadas ao estudo. Por fim, os resultados obtidos fornecem, de um lado, subsídios para a caracterização da água residuária do concreto e os tipos de tratamento usualmente empregados e, de outro, evidenciam o potencial do uso da *Moringa oleifera* para este fim.

ABSTRACT: Law requires the correct disposal of waste of concrete plants and the wastewater is one of the most important wastes to be considered. This paper presents a systematic review of studies investigating the environmental management in concrete plants, focusing on the reuse of wastewater and use of *Moringa oleifera* as a natural coagulant in the process of sedimentation. This study is part of a research that aims to evaluate the potential use of *Moringa oleifera* in the wastewater treatment in concrete plants. The sources used in this research were the following indexed databases: Portal of Periodicals of Coordination of Improvement of Higher Education Personnel (CAPES), Scopus, Compemdex and Science Direct. It is worth highlighting that the application of Systematic Mapping in the development of literature review identified the main gaps in the development of new research also directs you to the main publications related to the study. Finally, the results provide on one side, subsidies for the characterization of the wastewater and the particular type of treatment usually employed, and others, highlight the potential use of *Moringa oleifera* for this purpose.

* Contato com os autores:

¹ e-mail : heberdepaula@ufg.br (H. M. de Paula)

Doutor, Professor Adjunto, Universidade Federal de Goiás.

² e-mail : ilha@fec.unicamp.br (M. S. O. Ilha)

Doutora, Professora Titular, Universidade Estadual de Campinas

1. INTRODUÇÃO

A reutilização da água em indústrias que consomem grande quantidade desse insumo pode contribuir para amenizar os problemas de escassez. As usinas de concreto consomem grandes quantidades de água, pois além da produção de concreto, demandam água para, por exemplo, a lavagem de caminhões betoneira (Tsimas e Zervaki, 2011).

Para o reuso de água torna-se necessário efetuar o seu tratamento e um dos métodos mais eficazes para remoção da turbidez da água é através do processo de coagulação.

Entre os coagulantes os mais utilizados estão o sulfato de alumínio e o cloreto férrico. Ndabigengesere e Narasiah (1998) apontaram vários inconvenientes da utilização de sais de alumínio, tais como a doença de Alzheimer e de problemas de saúde semelhantes associadas com alumínio residual em águas tratadas.

A utilização de coagulantes naturais, produzidos no local e com baixo custo financeiro, pode reduzir os problemas ligados ao consumo de água não potável e despejos de águas residuárias, sem tratamento, em corpos receptores (Lo Monaco et al., 2010). Uma solução natural para atuação como coagulante é a semente da *Moringa oleifera*. Segundo Ghebremichael (2004) quando comparada com coagulantes químicos essa semente apresenta uma série de vantagens, dentre elas: reduzida necessidade de reajuste de pH, baixo custo de operação e reduzidos volumes de lodo.

Pritchard et al. (2010) afirma que o pó obtido a partir das sementes da *Moringa oleifera* tem demonstrado ser um coagulante eficaz para o tratamento da água. Quando as sementes são secas, descascadas, esmagadas e adicionado à água, atuam como um coagulante de ligação de partículas coloidais, formando os flocos, em seguida a decantação. Além da remoção de cor e turbidez, Muyibi e Evison (1995) citam que pode ocorrer grande remoção de bactérias, acima de 90%.

Este artigo tem como objetivo apresentar um panorama das pesquisas que vêm sendo

desenvolvidas sobre o reuso da água em usinas de concreto e as aplicações da *Moringa oleifera* no tratamento de águas residuárias.

2. METODOLOGIA

Para a revisão da literatura, foi desenvolvido um mapeamento sistemático (*mapping study*), de acordo com a metodologia proposta por Bailey et al., (2007) e Petersen et al. (2008), que consiste na busca de estudos cadastrados em bases de dados por meio de operadores lógicos para a seleção dos artigos, a partir da seleção de palavras ou expressões chave.

As bases de dados consideradas foram: Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES, 2014), Scopus (2014), Compendex (ENGINEERING VILLAGE, 2014) e Science Direct (2014), bases disponíveis na Universidade Estadual de Campinas. Vale ressaltar que foram analisados somente artigos de periódicos revisados por pares.

As expressões lógicas empregadas foram: (a) water and “mixed concrete” e (b) water and “*Moringa oleifera*”.

Após a busca inicial, foram adotados como filtros: o idioma (inglês e português); sem restrição da área de conhecimento e o tipo de publicação (artigo de periódico revisado por pares). Aplicados os filtros em cada base de dados, os artigos foram classificados pelo ano de publicação e pelos títulos, observando as possíveis repetições entre as bases de dados.

A etapa final de seleção dos artigos foi efetuada a partir da leitura e análise dos títulos e resumos, de modo a excluir aqueles trabalhos que não se relacionavam diretamente ao tema em estudo, sendo a revisão da bibliografia desenvolvida a partir do número final de estudos obtido.

3. RESULTADOS

A Tabela 1 apresenta os resultados totais obtidos no mapeamento e a Figura 1 apresenta a evolução da publicação dos artigos de periódicos

levantados, considerando-se as citadas palavras-chave e a data limite de outubro de 2014. Vale destacar que em 2014, o sistema de busca do “Portal de Periódico Capes” sofreu alterações que modificaram os resultados. Outro ponto importante foi que o sistema passou a ter comunicação com outras bases de dados como, por exemplo, Scopus, Science Direct e Web of Science, facilitando a seleção dos artigos. Por isso, somente foram acrescentados, aos resultados de dezembro de 2013, os valores obtidos para 2014.

Após a leitura dos 134 artigos selecionados, a partir da leitura do resumo, foram identificados dois tópicos principais para o agrupamento dos resultados obtidos, quais sejam: (a) gestão ambiental em usinas de concreto e (b)

aplicação da *Moringa oleifera* no tratamento de águas residuárias e superficiais.

Dentro do tópico “gestão ambiental em usinas de concreto” não foi possível identificar predominância de centros de pesquisa e nem pesquisadores principais. Os trabalhos publicados são de diferentes países, tais como: Alemanha, Grécia, Itália, Turquia e Reino Unido, Japão, Malásia, Taiwan e Tailândia e Austrália. Não foram encontrados trabalhos desenvolvidos na América do Sul e, principalmente, no Brasil que abordem esse tema.

Os principais periódicos em que foram publicados artigos sobre este tópico são apresentados na Tabela 2

TABELA 1: Resumo dos resultados obtidos nas pesquisas nas bases de dados.

BASE DE DADOS	Expressões-chave			
	Water AND “mixed concrete”		Water AND “Moringa oleifera”	
	Número de artigos			
	inicial	com título aderente	inicial	com título aderente
Periódicos Capes	749	23	950	53
Scopus	137	15	311	90
Compendex	23	10	71	9
Science Direct	832	20	1021	16
Total	1741	68	2353	168
Número total de artigos sem repetições entre as bases de dados		39		137
Número de artigos selecionados após leitura do título e resumo		27		107

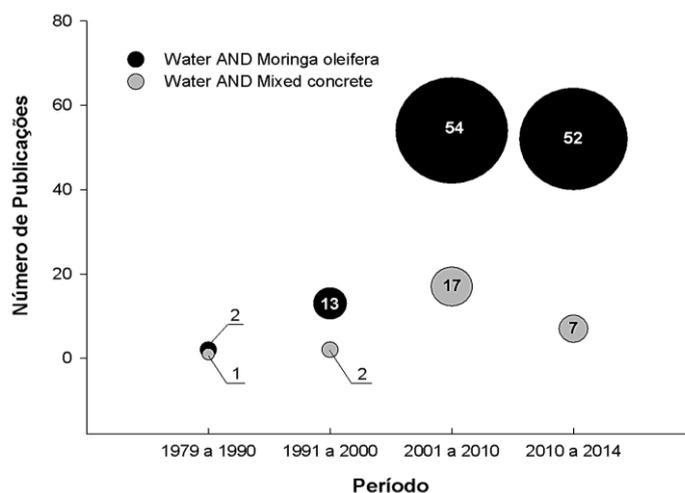


Figura 1: Evolução da publicação de artigos levantados em função das palavras-chave empregadas no mapeamento realizado.

TABELA 2: Principais periódicos com artigos no tópico “gestão ambiental em usinas de concreto”.

Periódico	N. de artigos publicados*
Building and Environment	2
Cement and Concrete Composites	2
Cement and Concrete Research	2
Concrete	2
Journal of Cleaner Production	2
Resources, Conservation and Recycling	3
Waste Management	2

Dentro desse tópico, foram evidenciadas duas vertentes principais (Figura 2): preocupação com a gestão dos resíduos e o reuso de água na produção do concreto.

No tópico “aplicação da *Moringa oleifera* no tratamento de águas residuárias e superficiais”, o qual apresenta registros desde o final da década de 1970, o Brasil, a Malásia e a Índia se destacam na produção de artigos de periódicos (Figura 3).

Dentro desse tópico, foram identificados

alguns pesquisadores principais, os quais são responsáveis por 40% dos artigos de periódicos selecionados (Tabela 3). Destaca-se que aqui foram considerados apenas o primeiro autor de cada artigo de periódico. As pesquisas abordam desde a aplicação da *Moringa* para remoção da turbidez da água de mananciais para abastecimento público até a caracterização morfológica das sementes dessa planta.

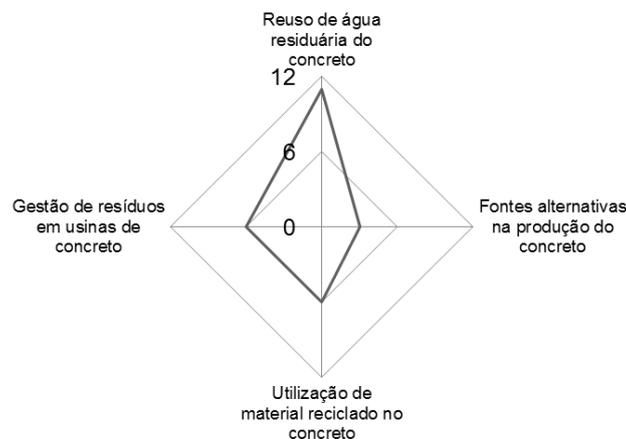
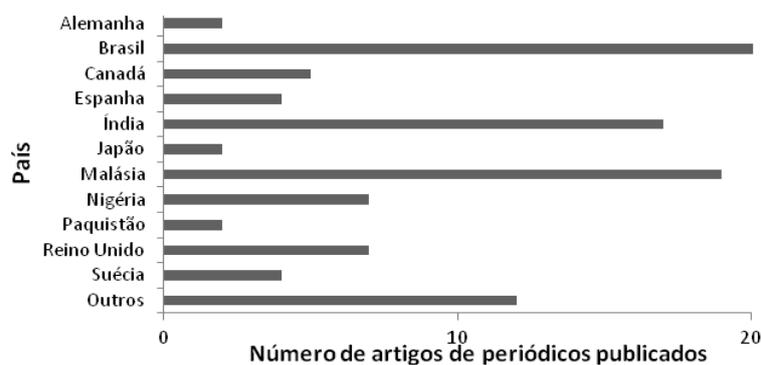
**FIGURA 2:** Principais vertentes identificadas nos artigos de periódicos dentro do tópico “gestão ambiental em usinas de concreto”.**FIGURA 3:** Principais países, entre os artigos selecionados, com publicações dentro do tópico “aplicação da *Moringa oleifera* no tratamento de águas residuárias e superficiais”

TABELA 3: Principais pesquisadores com artigos dentro do tópico “aplicação da *Moringa oleifera* no tratamento de águas residuárias e superficiais”.

Pesquisador	N. de publicações	Período
Bhuptwat, H.	2	2007
Muthuraman, G.	3	2013 e 2014
Matos, A. T.*	4	2007, 2010 e 2014
Lédo, P.G.S.*	2	2009 e 2010
Okuda, T.	2	1999 e 2001
Sánchez-Martín, J.	2	2010 e 2012
Paterniani, J.E.S.*	3	2012 a 2014
Bhatia, S.	3	2006 e 2007
Ghebremichael, K.	3	2005, 2006, 2009
Katayon, S.	3	2006 (2) e 2007
Madrona, G.S.*	3	2010, 2011 e 2012
Pritchard, M.	3	2009 e 2010 (2)
Ndabigengesere, A.	4	1995, 1996 e 1998 (2)
Muyibi, S.A.	7	1995 (3), 1996, 2001, 2002 e 2003

Dentre os artigos selecionados, 47% do total estão publicados em 14 periódicos (Tabela 4). Dezesesseis artigos apresentam pesquisas desenvolvidas no Brasil.

As principais instituições brasileiras que vêm desenvolvendo pesquisas nesse tópico são a Universidade Estadual de Maringá, Universidades Federais de Viçosa e do Rio Grande do Norte e a Universidade Estadual de Campinas.

Dentro desse tópico foram encontrados diferentes vertentes pesquisadas (Figura 4), merecendo destaque: potencial do extrato das sementes como coagulante e floculante natural no tratamento de efluentes, principalmente de águas superficiais turvas e a caracterização físico-química da *Moringa oleifera* na forma de semente e de extrato.

TABELA 4: Principais periódicos com artigos no tópico “aplicação da *Moringa oleifera* no tratamento de águas residuárias e superficiais”.

Periódico	Número de artigos publicados*
Acta Science Technology	2
African Journal of Agricultural Research	2
Bioresource Technology	2
Chemical Engineering Journal	2
Desalination and water treatment	2
Desalination	3
Environmental Technology	2
International Journal of Environmental Studies	5
Journal of Hazardous Materials	4
Nature Environment and Pollution	2
Physics and Chemistry of the Earth	3
Water Research	8
Water Science and Technology: Water Supply	5
Waterlines	2

*Observação: levantamento realizado até outubro de 2014.



FIGURA 4: Principais vertentes identificadas nos artigos de periódicos dentro do tópico “aplicação da *Moringa oleifera* no tratamento de águas residuárias e superficiais”.

Na avaliação geral dos artigos de periódicos verificou-se que as usinas de concreto já estão sendo solicitadas para a gestão ambiental de seus resíduos. Um dos principais resíduos gerados é a água residuária proveniente do descarte no processo de produção do concreto. Neste caso, o estudo da qualidade da água residuária e formas ambientalmente corretas de tratamento devem ser desenvolvidos, contudo não há estudos que proponham um tratamento natural para essa água residuária.

O uso de coagulantes naturais representa um avanço importante na tecnologia ambiental sustentável, pois são produzidos a partir de recursos renováveis e sua aplicação está diretamente relacionada com a melhoria da qualidade dos processos industriais.

Vale ressaltar que após o mapeamento inicial com a busca nas bases de dados, a revisão da literatura contemplou também artigos de eventos nacionais, internacionais e livros relevantes para elaboração do referencial teórico.

3.1 REUSO DE ÁGUA RESIDUÁRIA DO CONCRETO

Lacy (1979) já discutia a possibilidade de *reuso* de água para diferentes tipos de indústria, dando enfoque no ciclo fechado de águas residuárias, além disso, destacava que não é só uma forma de realizar a conservação dos recursos naturais, mas também um método de controle de poluição.

Contudo alguns estudos na Turquia (Kazaz et al, 2004; Cosgun e Esin, 2006), Tailândia e Coréia (Henry e Kato, 2012) mostram que as empresas ainda não compreenderam a importância da gestão ambiental nos processo de produção do concreto. O foco principal está no custo do produto e, portanto, restringe a capacidade de implementar práticas mais sustentáveis ou de considerar o valor adicional ao concreto.

No Brasil a política nacional de resíduos sólidos, instituída pela lei n. 12305 (BRASIL, 2010) define que líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnicas ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível, deve-se adotar, desenvolver e aprimorar tecnologias limpas como forma de minimizar impactos ambientais.

Um dos principais resíduos gerados é proveniente de grandes quantidades de água necessária em toda produção do concreto. As leis de um modo geral proíbem a eliminação deste tipo de água, devido ao seu elevado pH e da quantidade de materiais suspensos, exigindo que água seja tratada antes do descarte (Sandrolini e Franzoni, 2001). A qualidade da água residuária de usinas de concreto foi analisada por diferentes autores e apresenta característica variável (Tabela 5).

Uma forma de minimizar o descarte da água residuária das usinas de concreto é o *reuso* na própria produção do concreto. Tsimas e Zervaki (2011) mostram que a água residual é adequada

para ser utilizada como água de mistura do concreto e que ela pode ser usada sem qualquer tratamento ou diluição. Contudo, o aumento de teor total de sólidos para além de 6% do volume tende a reduzir a resistência à compressão e o tempo de pega (Chatveera et al, 2006).

Outros estudos indicam que concretos produzidos com água residuária da própria usina apresentam resistência à compressão superior a 90% da obtida para o concreto produzido com água potável, que é um critério aceitável segundo ASTM C94/C94M (1999) (Sandrolini e Franzoni, 2001; Su et al, 2002; Chatveera et al, 2006) e EN 12.3390-2 (2008) (Tsimas e Zervaki, 2011), além de tempos de pega iniciais com diferenças inferiores a 30 minutos, critério aceitável segundo ASTM C403/C403M (1999) (Su et al, 2002) e EN 196-3 (2008) (Tsimas e Zervaki, 2011).

Contudo Su et al (2002) destacam o elevado pH da água residuária do concreto, entre 11 - 12 e, conseqüentemente, alta alcalinidade pela presença de hidróxidos e carbonatos. A natureza alcalina não só acelera a hidratação do cimento, mas também ativa a reação pozolânica de adições minerais, melhorando sua resistência nas idades iniciais, o que pode não ocorrer na idade final do concreto.

Para a melhora da qualidade da água residuária do concreto são propostos diferentes

sistemas de tratamento, mas tendo como base o princípio da sedimentação. Tsimas e Zervaki (2011) apresentam um sistema mais completo onde os caminhões são lavados por duas vezes com a água potável e direcionada a um primeiro tanque, que fica depositada uma lama fina proveniente dos resíduos do concreto, o excesso transborda para outros dois tanques. A água no terceiro tanque é bombeada e neutralizada com HCl para diminuir o pH da água para aproximadamente 7. Por fim a água neutralizada se mistura com a água potável ou água subterrânea em proporções pequenas (0 a 20%), essa combinação de água é usada como água de mistura para a produção de concreto.

Em outro caso Sealey et al (2001) apresentam um sistema semelhante ao comentado anteriormente, exceto pela não correção do pH. A partir do terceiro tanque a água já é destinada ao *reuso* na lavagem dos caminhões betoneira.

O *reuso* da água em usinas de concreto pressupõe uma qualidade do efluente compatível com as atividades que prescindam da água potável. Além disso, o próprio sistema de tratamento não deve causar impacto ambiental, o que conduz ao emprego de sistemas naturais de tratamento, tais como a *Moringa oleifera*. Contudo, conforme comentado nos itens a seguir, não foram encontrados estudos acerca desse tema no mapeamento efetuado.

TABELA 5: Caracterização da água residuária de usinas de concreto segundo alguns autores.

Parâmetros	Chatveera et al (2006)	Sandrolini e Franzoni (2001)	Su et al (2002)	Tsimas e Zervaki (2011)
pH	12,0	13,5	11,9	12,2
Turbidez (UNT)	-	-	39,7	-
Sólidos Totais	63.400,0	-	3.930,0	1.480,0
Cl ⁻	-	29,3	14,7	195,0
SO ₄ ²⁻	-	198,9	235,0	1452,0
Matéria em Suspensão	-	5,0	-	-
Resíduos Evaporados	-	11,4	-	-
Sais Solúveis Totais	-	1214,0	-	-

3.2 USO DA *MORINGA OLEIFERA* NO TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS

A *Moringa oleifera* pertence à família Moringaceae, que possui quatorze espécies conhecidas de apenas um gênero, a *Moringa oleifera* (Ghebremichael, 2004). Segundo Ndabigengesere et al (1995) os principais nutrientes presentes nas sementes da moringa são as proteínas, os lipídeos e os carboidratos em menor concentração. Essa composição, segundo Vijay Kumar et al (2012), leva a moringa a ter múltiplas aplicações em diferentes áreas, merecendo destaque: remoção de cianobactérias, suplemento com alto valor nutricional, purificação da água, ração animal e adubação de culturas, óleo combustível e alguns usos medicinais.

Conforme apresentado na Figura 4, a *Moringa oleifera* vem sendo utilizada como um coagulante natural no tratamento de águas superficiais turvas e apresentando excelentes resultados (Gupta e Chaudhuri, 1992; Muyibi e Okuofu, 1995; Muyibi e Alflugara, 2003; Abdulsalam et al, 2007; Bina et al, 2010).

Outros resultados interessantes indicam algumas propriedades da *Moringa oleifera* que podem ser aplicadas às características da água do concreto como, por exemplo, menor volume de lodo gerado após o tratamento em comparação com o uso de coagulantes químicos ou inorgânicos (Ademiluyi, 1988; Gupta e Chaudhuri, 1992; Ndabigengesere e Narasiah, 1998; Narasiah et al, 2002; Tat et al, 2010) e abrandamento de águas duras, independente do valor do pH (Muyibi e Evison, 1995).

Contudo, Dorea (2006) afirma que a eficiência de remoção de turbidez varia conforme as características da fonte de água, a técnica de preparação do coagulante e do tipo de semente.

3.2.1 FORMAS DE PREPARO DO COAGULANTE DA SEMENTE DE *MORINGA OLEIFERA*

O método mais utilizado para purificação de água com a *Moringa oleifera* consiste em se colocar cada litro de água bruta em contato com 2 a 3 sementes, sendo a quantidade de sementes utilizadas depende da turbidez da mesma. As

sementes são mantidas na água aproximadamente duas horas, após retira-se o sobrenadante (água clarificada) e descarta-se o precipitado, então a água clarificada, pode ser empregada na lavagem de louças ou até mesmo ser ingerida (Ghebremichael et al, 2005).

Gupta e Chaudhuri (1992) destacam que as sementes da *Moringa oleifera* produzem um óleo e uma substância solúvel em água que tem excelentes propriedades de coagulação para o tratamento de água e esgoto. Os referidos autores compararam o tratamento de águas com baixa turbidez inicial e encontraram uma melhor dosagem de 50 mg.L⁻¹ para a *Moringa oleifera* que é comparável ou muito próxima a dosagem com sulfato de alumínio, apontando a grande vantagem da *Moringa oleifera* não ser tóxica e biodegradável, além de gerar menos resíduos pós-tratamento.

Tat et al (2010) avaliaram o uso da *Moringa oleifera* como coagulante, em três diferentes formas: em pó lançado diretamente sobre o líquido a ser tratado, semente triturada e extraída em água destilada e extraída em sal (1Mol L⁻¹ NaCl). A partir da avaliação da influência do coagulante no tempo de sucção capilar da lama produzida pós-tratamento, os referidos autores concluíram que o extrato produzido em água destilada apresenta um menor tempo, ou seja, apresenta uma boa capacidade de drenagem da água livre, sendo a forma mais adequada para o uso em questão.

Já Okuda et al (1999) compararam a remoção de turbidez para o extrato produzido em água destilada e extraída em sal e chegaram a conclusão que, para coagular 95% dos 50 NTU de turbidez inicial seriam necessários 32mL L⁻¹ do extrato em água e 4 mL L⁻¹ extraída em sal, ou seja, a segunda opção aumenta a solubilidade da proteína na forma de sal aumentando a força iônica. Neste caso Gassenschmidt et al (2001) afirmam que o pH ótimo do componente ativo para ação do coagulante extraído no sal é 8 ou superior.

3.2.2 APLICAÇÕES COMO COAGULANTE PRIMÁRIO

A *Moringa oleifera* não vem sendo aplicada como coagulante primário somente no

tratamento de águas superficiais naturais, mas também em águas residuárias de efluentes domésticos e industriais. Foram encontrados excelentes resultados nos estudos com esgoto doméstico com objetivo na remoção de sólidos em suspensão e microrganismos (Ndabigengesere e Narasiah, 1998) e turbidez (Lo Monaco et al, 2010). No tratamento de efluentes industriais Song et al (2004) avaliaram águas residuais provenientes de curtumes aplicando a *Moringa oleifera* na remoção de sólidos em suspensão (30-37%) e cromo (38-46%). Mais recentemente, estão sendo efetuados estudos da aplicabilidade coagulativa das sementes da moringa para tratamento de águas residuárias como, por exemplo, de efluentes têxteis tendo comprovada eficiência. Em estudo realizado por Santos et al (2007) o coagulante de *Moringa oleifera* apresentou-se satisfatório quanto à remoção de turbidez chegando a atingir valores em torno de 80% de eficácia. Também foi comprovada característica de interferência desprezível nos valores do pH do efluente. Os resultados obtidos sustentam a hipótese de que pode ser satisfatório o uso do coagulante natural oriundo das sementes da *Moringa oleifera* no tratamento de efluentes têxteis restringindo o uso de substâncias químicas, como o sulfato de alumínio.

Matos et al (2007) estudaram a aplicação da *Moringa oleifera* no tratamento da água de recirculação e utilizada no processamento dos frutos do cafeeiro, avaliando qual a melhor faixa de pH para remoção da turbidez. Neste caso o extrato de semente de *Moringa oleifera* apresentou maior remoção de sólidos suspensos da água na faixa de pH de 4,0 a 5,0 e dose de 10 mL L⁻¹. Outra aplicação foi no tratamento de efluentes de laticínios onde a aplicação da *Moringa oleifera* teve uma eficiência de remoção de até 98% para cor e turbidez, e que a moringa mantém seu poder de adsorção em uma faixa de pH que varia entre 5 a 8 (Vieira et al, 2010).

O único trabalho publicado que apresenta o tratamento da água residuária de usinas de concreto com aplicação de coagulantes químicos foi o apresentado por Paula et al. (2014). Os autores estudaram a aplicação da moringa associada ao sulfato de alumínio, ambos em pó, no tratamento.

Os resultados mostraram uma proporção de 80:20 de moringa e sulfato de alumínio, obtendo uma remoção de turbidez acima de 90%, o que viabiliza o reuso da água tratada para lavagem de veículos, rega de jardins e pátios e descarga de bacias sanitárias. A conclusão do trabalho indica um grande potencial de aplicação do coagulante natural, principalmente, se associado à coagulantes químicos.

4. CONCLUSÕES

Na avaliação geral dos trabalhos verificou-se que as usinas de concreto já estão sendo solicitadas para a gestão ambiental de seus resíduos. Um dos principais resíduos gerados é a água residuária proveniente do descarte no processo de produção do concreto. Neste caso, o estudo da qualidade da água residuária e formas ambientalmente corretas de tratamento devem ser desenvolvidos, contudo não há estudos que proponham um tratamento natural para essa água residuária.

O uso de coagulantes naturais representa um avanço importante na tecnologia ambiental sustentável, pois eles são produzidos a partir de recursos renováveis e sua aplicação está diretamente relacionada com a melhoria da qualidade dos processos industriais.

Como visto, a *Moringa Oleifera* tem sido utilizada na maioria dos casos para tratamento de águas superficiais e pouco para águas residuárias. Contudo, sua aplicação nas águas residuárias apresentou excelentes resultados para remoção de sólidos suspensos, turbidez, cor e, até mesmo, remoção de dureza da água.

Para o emprego no tratamento de águas residuárias do concreto, torna-se necessário avaliar as características desse efluente, a melhor forma de utilização e os custos e benefícios envolvidos, o que constitui o escopo de uma pesquisa iniciada recentemente pelos autores desse artigo.

Por fim, cabe destacar que a aplicação do Mapeamento Sistemático na elaboração de revisão bibliográfica permite identificar as principais lacunas para o desenvolvimento de

novas pesquisas, além disso, direciona para as principais publicações ligadas ao estudo.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDULSALAM, S.; GITAL, A.A.; MISAU, I.M.; SULEIMAN, M.S. Water clarification using Moringa Oleifera seed coagulant: Maiduguri raw water as a case study. **Journal of Food, Agriculture and Environment**, vol. 5 (1), 2007, 302-306 p.
- ADEMILUYI, J.O. Sludge conditioning with Moringa seed. **Environment International**, Vol. 14 (1), 1988, 59-63 p.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM C403/C403M-99**: Standard Test Method for Time of Setting of Concrete Mixtures by Penetration Resistance. Philadelphia: American Society for Testing and Materials. 1999.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM C94 / C94M – 99**: Standard Specification for Ready-Mixed Concrete. Philadelphia: American Society for Testing and Materials. 1999.
- BAILEY, J.; BUDGEN, D.; TURNER, M; KITCHENHAM, B; BRERETON, P.; LINKMON, S. **Evidence relating to Object-Oriented software design: A survey**. First International Symposium on Empirical Software Engineering and Measurement. Computer Society, 2007.
- BINA, B.; MEHDINEJAD, M.H.; DALHAMMER, G.; RAJARAO, G.; NIKAEEN, M.; MOVAHEDIAN ATTAR, H. Effectiveness of Moringa Oleifera Coagulant Protein as natural coagulant aid in removal of turbidity and bacteria from turbid waters. **World Academy of Science, Engineering and Technology**, vol. 43, 2010, 618-620 p.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Lei Nº 12.305: Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos**; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, 2010.
- CHATVEERA, B; LERTWATTANARUK, P e MAKUL, N. Effect or Sludge Water from Ready-mixed Concrete Plant on Properties and Durability of Concrete Cement and Concrete Composites. **Elsevier**, vol. 28 (5), 2006, 441-450 p.
- COSGUN, N.; ESIN, T. A study regarding the environmental management system of ready mixed concrete production in Turkey. **Building and Environment**, vol. 41 (8), 2006, 1099-1105 p.
- DOREA, C.C. Use of Moringa spp. seeds for coagulation: A review of a sustainable option. **Water Science and Technology: Water Supply**, 6 (1), p. 219-227, 2006.
- EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION (CEN). **EN 12390-2**: Testing hardened concrete – Part 2: Making and curing specimens for strength tests. Brussels. 2008.
- EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION (CEN). **EN 196-3**: Methods of testing cement – Part 3: Determination of setting times and soundness. Brussels. 2008.
- GASSENSCHMIDT, U.; JANY, K. D.; TAUSCHER, B.; NIEBERGALL, H. Isolation and characterization of coagulant extracted from Moringa Oleifera seed by salt solution. **Water Research**, vol. 35 (2), 2001, 405-410 p.
- GHEBREMICHAEL, K. A. **Moringa Oleifera seed and pumice as alternative natural materials for drinking water treatment**. Stockolm: Department of Land and Water Resources Engineering, 2004.
- GHEBREMICHAEL, K. A.; GUNARATNA, K.R.; HENRIKSSON, H.; BRUMER, H.; DALHAMMAR, G. A simple purification and activity assay of the coagulant protein from Moringa Oleifera seed. **Water Research**, vol.39 (11), 2005, 2338-2344 p.
- GUPTA, A.; CHAUDHURI, M. Domestic water purification for developing countries. **Aqua**, vol. 41 (5), 1992, 290-298 p.
- HENRY, M.; KATO, Y. Understanding the regional context of sustainable concrete in Asia: Case studies in Thailand and Korea. **Resources, Conservation and Recycling**, vol. 69, 2012, 122-129 p.
- KAZAZ, A.; ULUBEYLI, S.; TURKER, F. The quality perspective of the ready-mixed concrete industry in Turkey. **Building and Environment**, vol. 39 (11), 2004, 1349-1357 p.
- LACY, William J. The closed-loop cycle for industrial wastewater: The future pollution solution. **Environment International**, vol.2 (1), 1979, 3-8 p.
- LO MONACO, P. A. V.; MATOS, A. T.; RIBEIRO, I. C. A.; NASCIMENTO, F. S.; SARMENTO, A. P. Utilização de extrato de sementes de moringa como agente coagulante no tratamento de água para abastecimento e água residuária. **Ambi-Água**, Taubaté, v. 5 (3), 2010, 222 – 231 p.
- MATOS, A. T. ; CABANELLAS, C. F. G.; CECON, P. R.; BRASIL, M. S.; MUDADO, C. S. Efeito da concentração de coagulantes e do pH da solução na turbidez da água, em recirculação, utilizada no processamento dos frutos do cafeeiro. **Engenharia Agrícola**, vol.27, 2007, 544-551 p.
- MUYIBI, S.A.; ALFUGARA, A.M.S. Treatment of surface water with Moringa Oleifera seed extract and alum - A comparative study using a pilot scale water treatment plant. **International Journal of Environmental Studies**, vol. 60 (6), 2003, 617-626 p.
- MUYIBI, S.A.; EVISON, L.M. Moringa Oleifera seeds for softening hardwater. **Water Research**, vol. 29 (4), 1995, 1099-1104 p.

- MUYIBI, S.A.; OKUOFU, C.A. Coagulation of low turbidity surface waters with Moringa Oleifera seeds. **International Journal of Environmental Studies**, vol. 48 (3-4A), 1995, 263-273 p.
- NARASIAH, K.S.; VOGEL, A.; KRAMADHATI, N.N. Coagulation of turbid waters using Moringa Oleifera seeds from two distinct sources. **Water Science and Technology: Water Supply**, vol. 2 (5-6), 2002, 83-88 p.
- NDABIGENGESERE, A., SUBBA NARASIAH, K., TALBOT, B.G. Active agents and mechanism of coagulation of turbid waters using Moringa oleifera. **Water Research**, vol. 29 (2), 1995, 703-710 p.
- NDABIGENGESERE, A.; NARASIAH, K.S. Use of Moringa Oleifera seeds as a primary coagulant in wastewater treatment. **Environmental Technology**, vol. 19 (8), 1998, 789-800 p.
- OKUDA, T.; BAES, A. U.; NISHIJIMA, W.; OKADA, M. Improvement of extraction method of coagulation active components from Moringa Oleifera seed. **Water Research**, Vol.33 (15), 1999, 3373-3378 p.
- PAULA, H.M.; ILHA, M. S.O.; ANDRADE, L. S. Concrete plant wastewater treatment process by coagulation combining aluminum sulfate and Moringa oleifera powder. **Journal of Cleaner Production**, vol. 76, 2014, 125-130 p.
- PETERSEN, K.; FELDT, R.; MUJTABA, S.; MATTSSON, M. **Systematic Mapping Studies in Software Engineering**. School of Engineering, Blekinge Institute of Technology. University of Bari, Italy, 26 - 27 June. 2008.
- PRITCHARD M.; CRAVEN, T.; MKANDAWIRE, T.; EDMONDSON, A.S.; O'NEILL, J.G. A comparison between Moringa oleifera and chemical coagulants in the purification of drinking water – An alternative sustainable solution for developing countries. **Physics and Chemistry of the Earth**. vol. 35, 2010, 798–805 p.
- SANDROLINI, F; FRANZONI, E. Waste wash water recycling in ready-mixed concrete plants. **Cement and Concrete Research**, vol. 31, 2001, 485-489 p.
- SANTOS, R. O; RABELO, T. S.; SCRHANK, S. G. Uso de sementes de Moringa Oleifera para o tratamento de efluentes têxteis. In: **24° Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária, Belo Horizonte**, 2007.
- SEALEY, B.J; PHILLIPS, P.S; HILL, G.J. Waste management issues for the UK ready-mixed concrete industry. **Resources, Conservation and Recycling**, vol. 32, 2001, 321-331 p.
- SONG, Z.; WILLIAMS, C.J.; EDYVEAN, R.G.J. Treatment of tannery wastewater by chemical coagulation. **Desalination**, Vol. 164 (3), 2004, 249-259 p.
- SU, N; MIAO, B; LIU, F. Effect of wash water and underground water on properties of concrete. **Cement and Concrete Research**, vol. 32, 2002, 777-782 p.
- TAT, W.K.; IDRIS, A.; NOOR, M.J.M.M.; MOHAMED, T.A.; GHAZALI, A.H.; MUYIBI, S.A. Optimization study on sewage sludge conditioning using Moringa Oleifera seeds. **Desalination and Water Treatment**, vol. 16 (1-3), 2010, 402-410 p.
- TSIMAS, S; ZERVAKI, M. Reuse of waste water from ready-mixed concrete plants. **Management of Environmental Quality: An International Journal**, vol. 22 (1), 2011, 7–17 p.
- VIEIRA, A.; VIEIRA, M.; SILVA, G.; ARAÚJO, A.; FAGUNDES-KLEN, M.; VEIT, M.; BERGAMASCO, R.. Use of Seed as a Natural Adsorbent for Wastewater Treatment. **Water, Air, and Soil Pollution**, Vol. 206 (1), 2010, 273-281 p.
- VIJAY KUMAR, K.; RUBHA, M. N.; MANIVASAGAN, M.; RAMESH BABU, N. G.; BALAJI, P. Moringa oleifera – The Nature's Gift. **Universal Journal of Environmental Research and Technology**. Vol. 2 (4), 2012, 203-209 p.