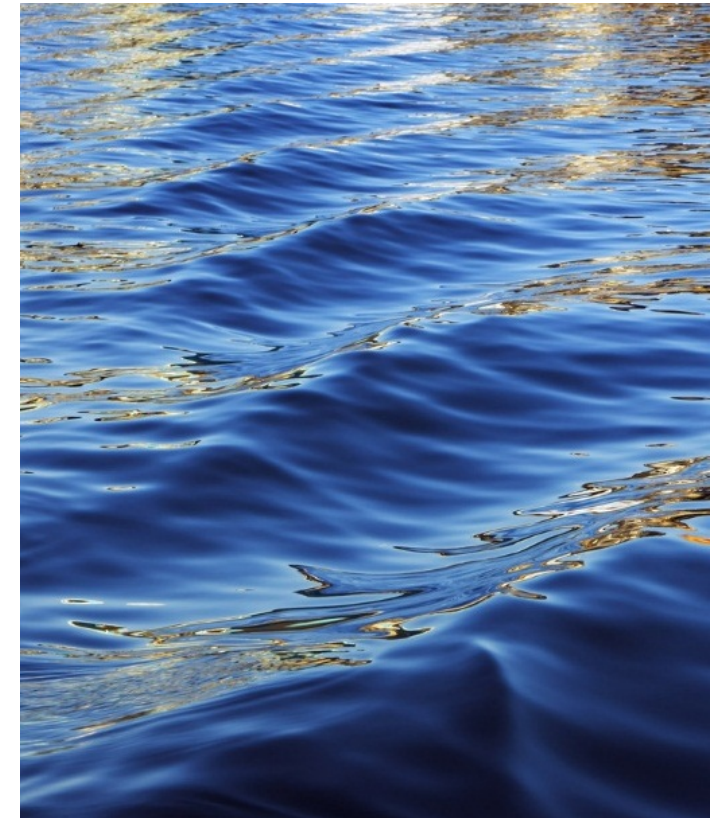




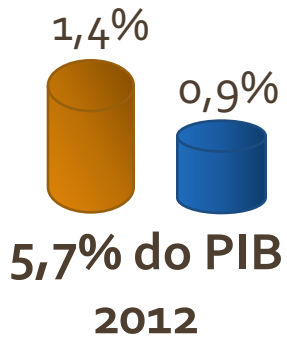
USO DA MORINGA OLEIFERA ASSOCIADA A
COAGULANTES QUÍMICOS NO
TRATAMENTO DA ÁGUA RESIDUÁRIA DE
USINAS DE CONCRETO



Apresentação: Prof. Heber Martins de Paula

INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil vem apresentando crescimento nos últimos cinco anos no Brasil.



Um dos indicadores desse crescimento é o consumo de cimento



64 milhões de toneladas
(DIEESE, 2013)

Indústria do Concreto

12,6 bilhões de toneladas de matérias-primas

1 trilhão de litros de água para mistura, cura e, principalmente, a lavagem da própria indústria

Usinas de concreto

Desperdício 2% da produção



67% da água utilizada é destinada à lavagem de caminhões

Água Residuária



Não pode ser despejada no solo ou redes públicas sem tratamento

Usinas Verdes

Uso de tecnologias para reciclar a maioria dos resíduos gerados, incluindo a água (MEHTA, 2002).

INTRODUÇÃO

Processos de tratamento da água residuária do concreto

O tratamento atual é composto essencialmente **por câmaras de decantação** e, em alguns casos, correção do pH.

Coagulação/Floculação

Agrega as **partículas dissolvidas e suspensas na água**, formando flocos sedimentáveis.

Os coagulantes mais utilizados são os químicos **Sulfato de Alumínio e Cloreto Férrico**

Coagulante Natural *Moringa oleifera*

Proteína identificada como um **polieletrólito**.



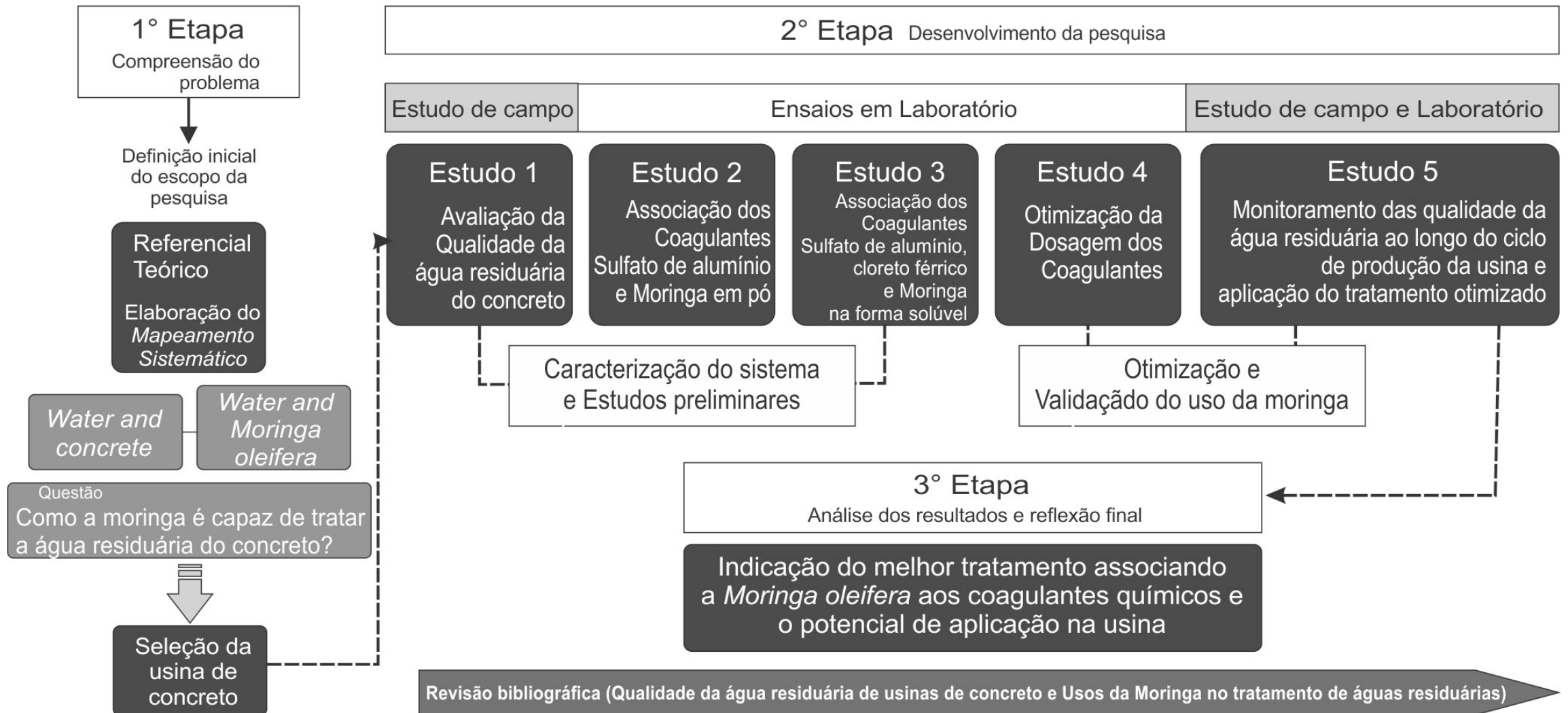
Moringa oleifera como coagulante e/ou coagulante auxiliar



Aplicada ao tratamento da água residuária de Usina de Concreto

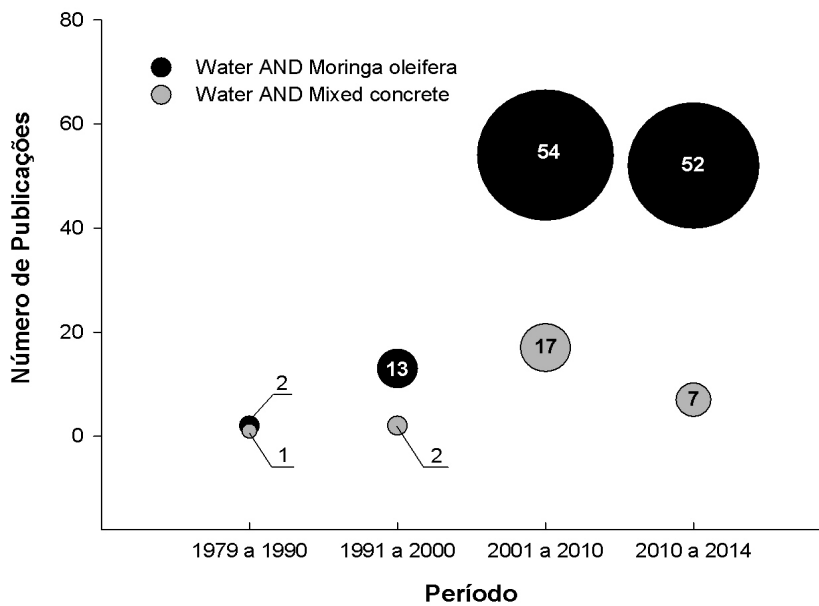
O **objetivo** deste trabalho é **avaliar a eficiência da *Moringa Oleifera*** como coagulante natural primário ou co-coagulante no tratamento da **água residuária produzida em usinas de concreto** para utilizá-la como fonte de água não potável para abastecimento.

MÉTODO DA PESQUISA

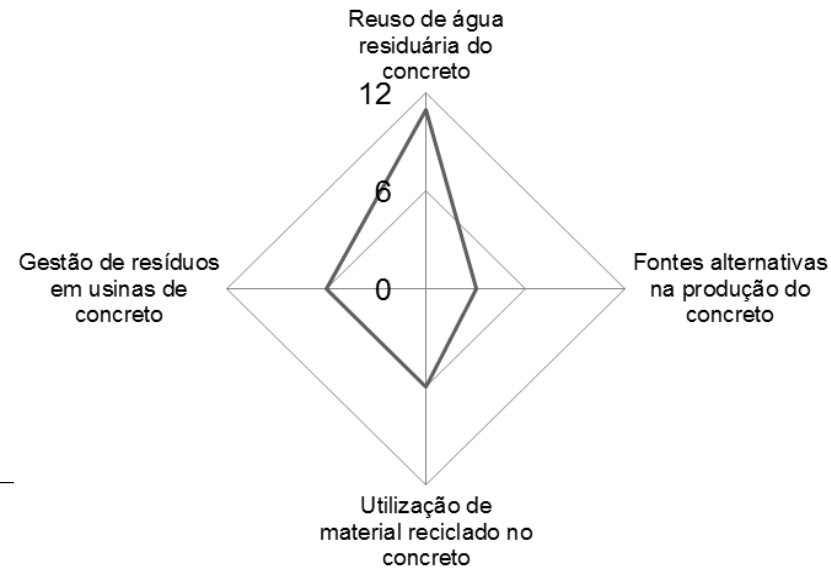


Compreensão do Problema

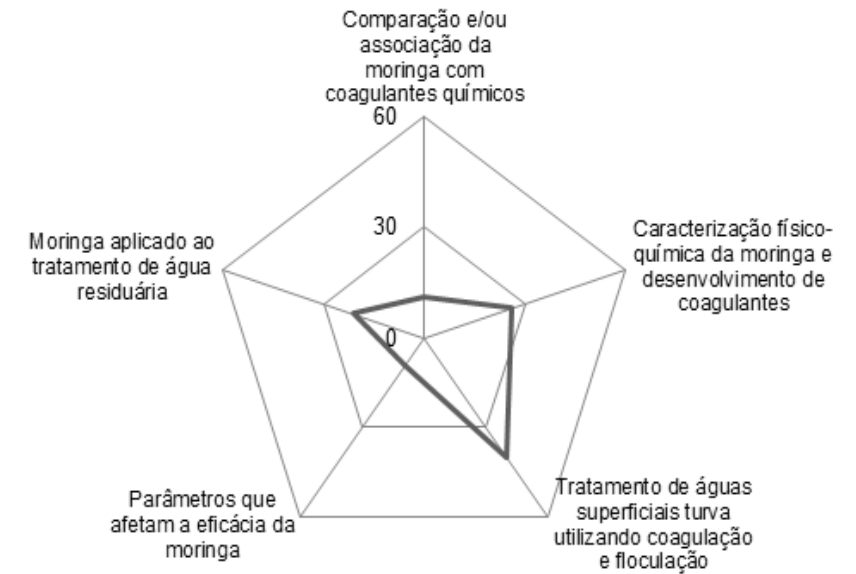
Mapeamento sistemático (Bailey et al., 2007; Petersen et al., 2008)



Gestão ambiental em usinas de concreto



Aplicação da *Moringa oleifera*

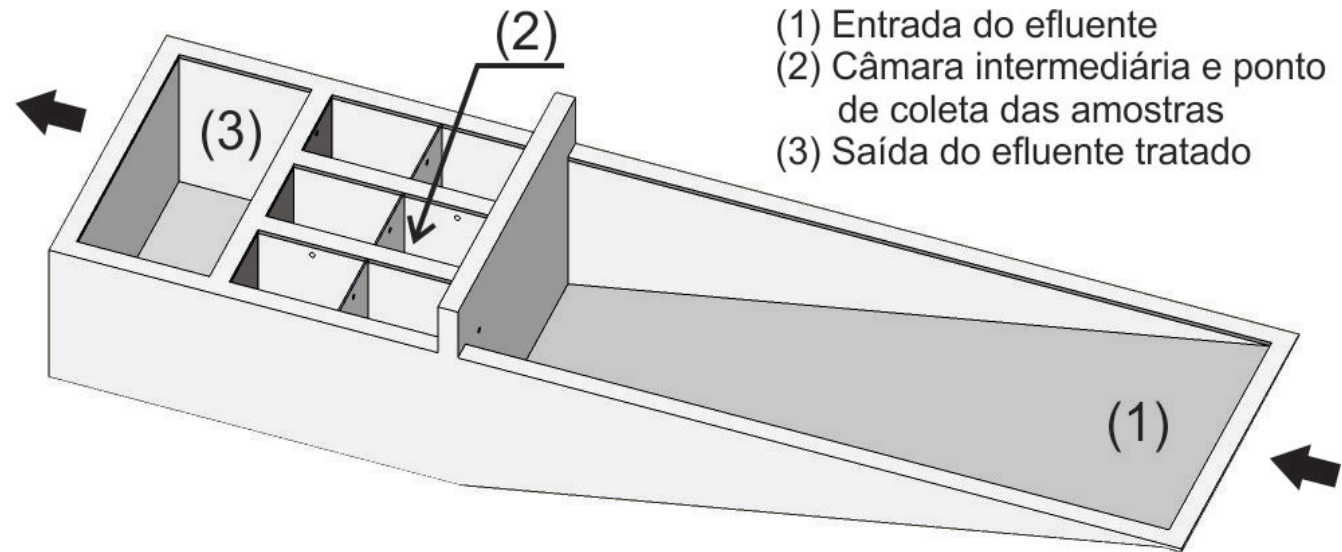


Desenvolvimento da Pesquisa

A usina selecionada (dados médios mensais)

Produção: 2100 m³ de concreto

Consumo: 266 m³ de água



Estudo 1

Investigação da qualidade da água residuária de usina de concreto e suas possíveis aplicações

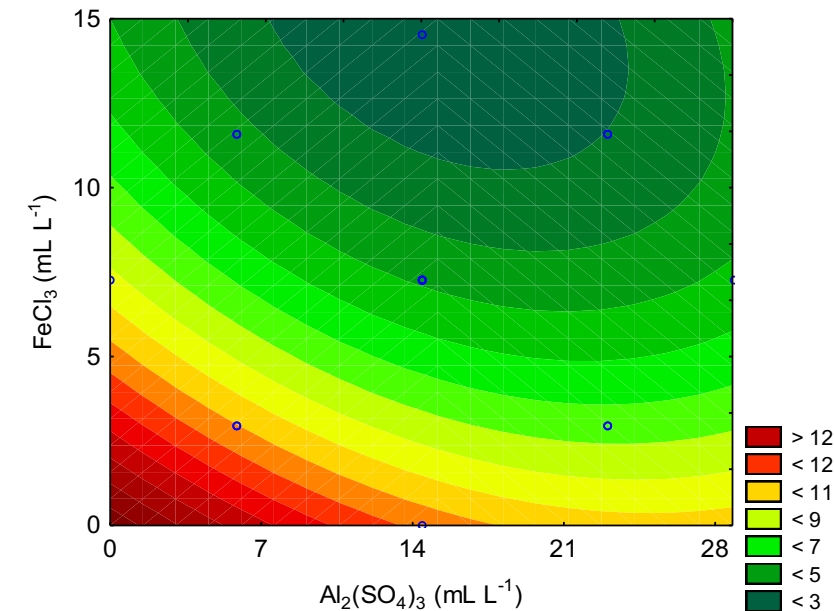
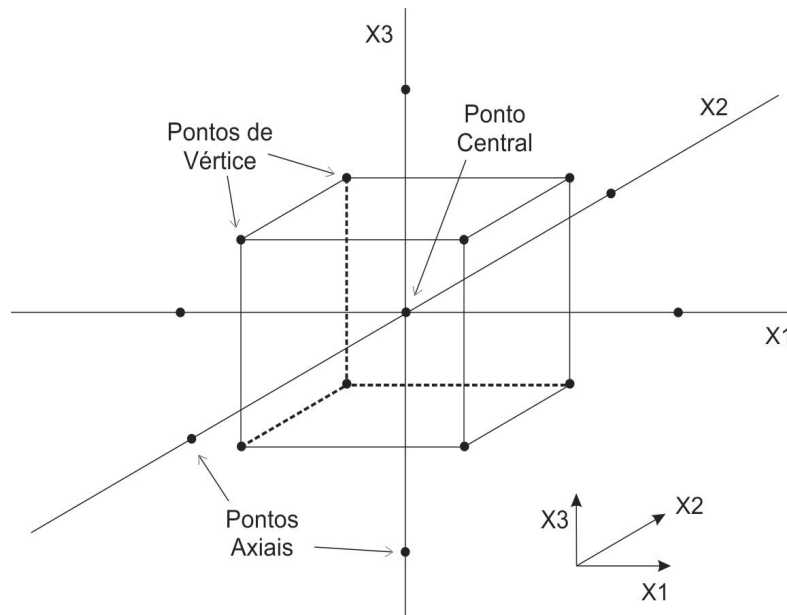
Estudos 2 e 3

- Traçada a curva de concentrações
- Teste de Coagulação (*Jar test*)
- Comparação dos resultados da diferentes dosagens
- Comparação do uso dos coagulantes em pó e solúvel

Dosagem	% em massa (Estudo 2) ou volume (Estudo 3)		Dosagem	% em volume (Estudo 3)	
	$Al_2(SO_4)_3$	MO		$FeCl_3$	MO
A	100	--	H	100	--
B	--	100	I	--	100
C	80	20	J	80	20
D	60	40	K	60	40
E	50	50	L	50	50
F	40	60	M	40	60
G	20	80	N	20	80
Referência	-	-	-	-	-

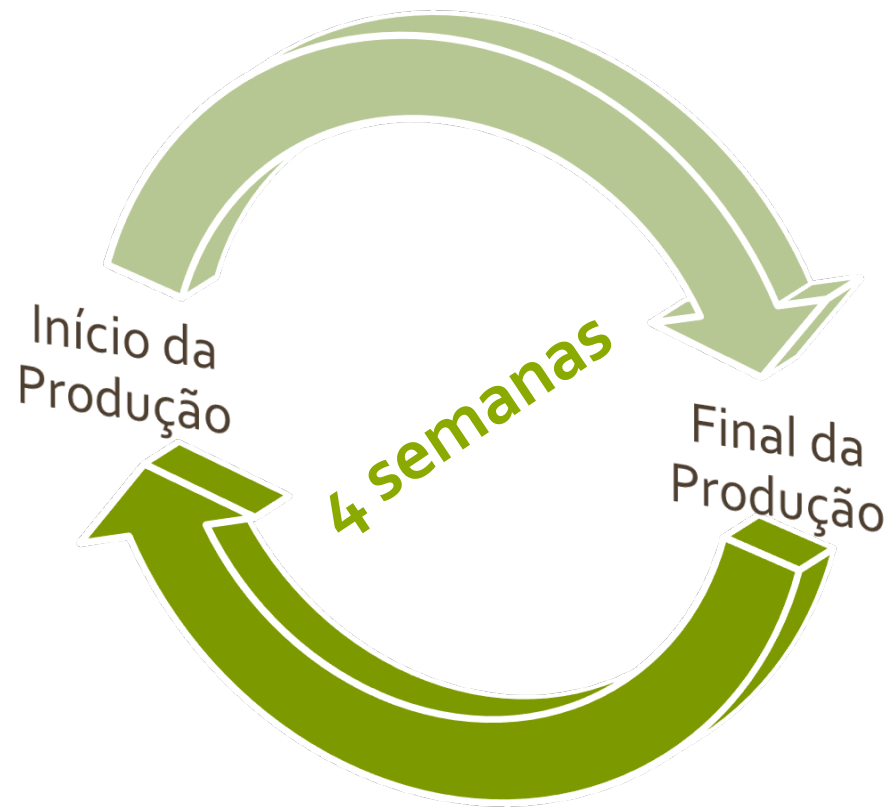
Estudo 4

Otimizar o tratamento associando os três coagulantes, adotando o Delineamento de Composto Central Rotacional (DCCR)



Estudo 5

Estudos laboratoriais que simularam as condições do ciclo de produção mensal da usina



Tratamento com os coagulantes

9,4 mL L⁻¹ de MO; 7,2 mL L⁻¹ de Al₂(SO₄)₃; 3,6 mL L⁻¹ de FeCl₃
Representa 46,5% de MO

Turbidez

avaliando separadamente para comparação do tratamento com a aplicação dos coagulantes (Teste de Tukey), considerando o Sistema Atual, Água Rotacionada e a Água Tratada

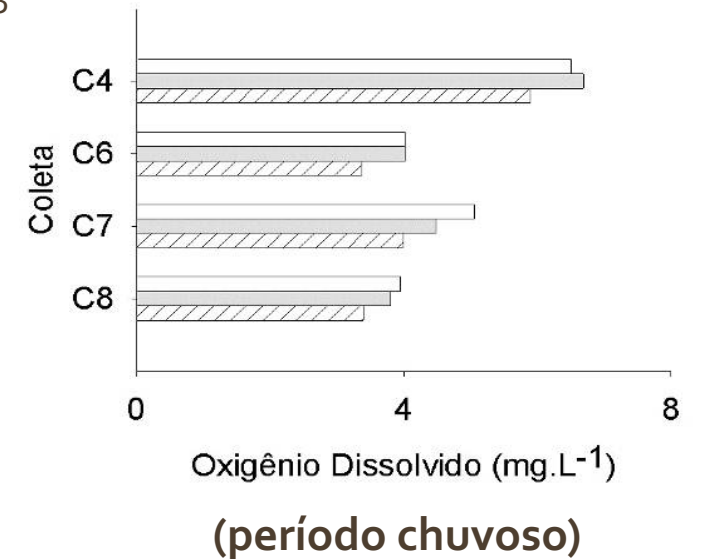
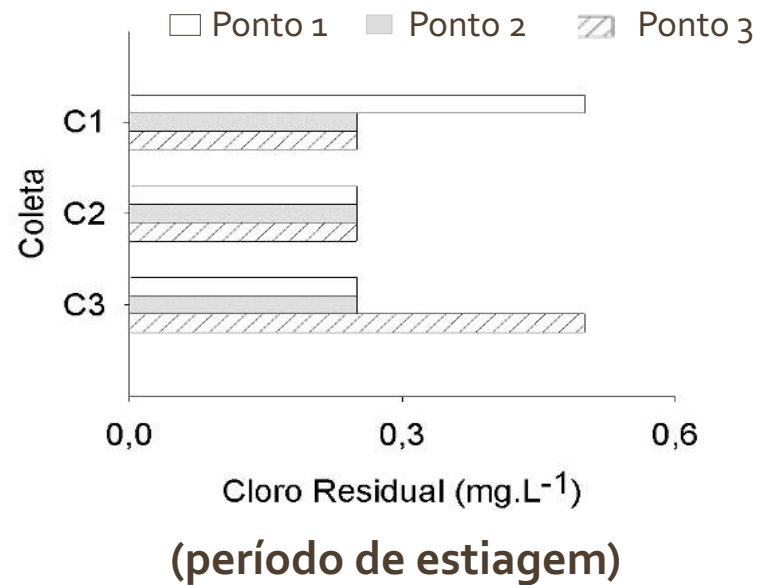
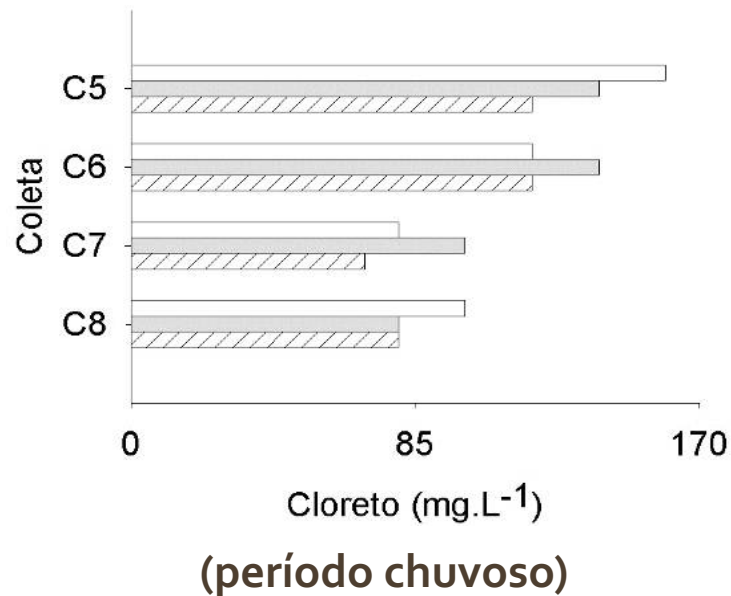
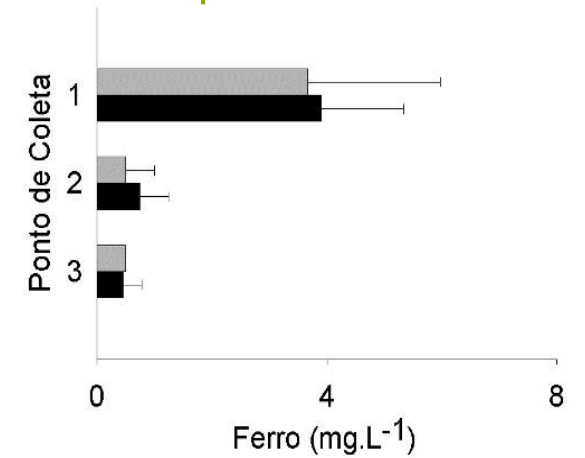
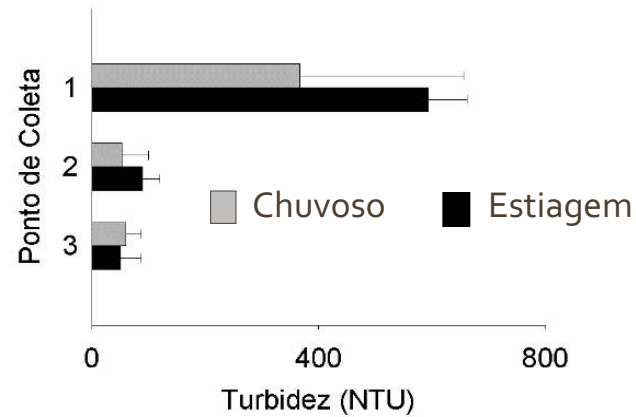
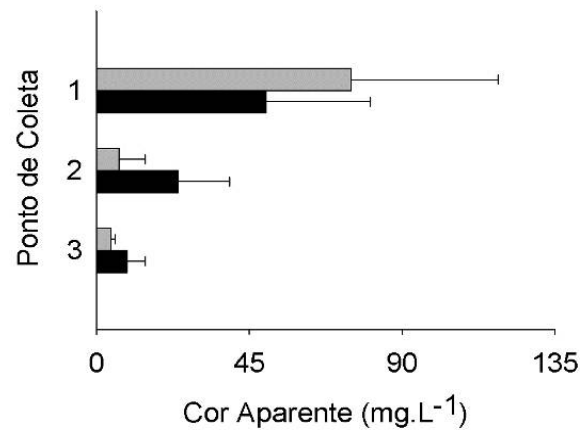
Análise dos Resultados

Para a **análise da qualidade da água não potável** para fins de abastecimento foram considerados os parâmetros e limites constantes:

- NBR 15527 (ANBT, 2007);
- Sautchuk et al (2005);
- USEPA (2012);
- Von Sperling (2005);
- NBR 15900 (ANBT, 2009) e
- Resolução CONAMA 430 (BRASIL, 2011).

PRINCIPAIS RESULTADOS

Estudo 1 – Qualidade da água residuária de usina de concreto para fins de aproveitamento



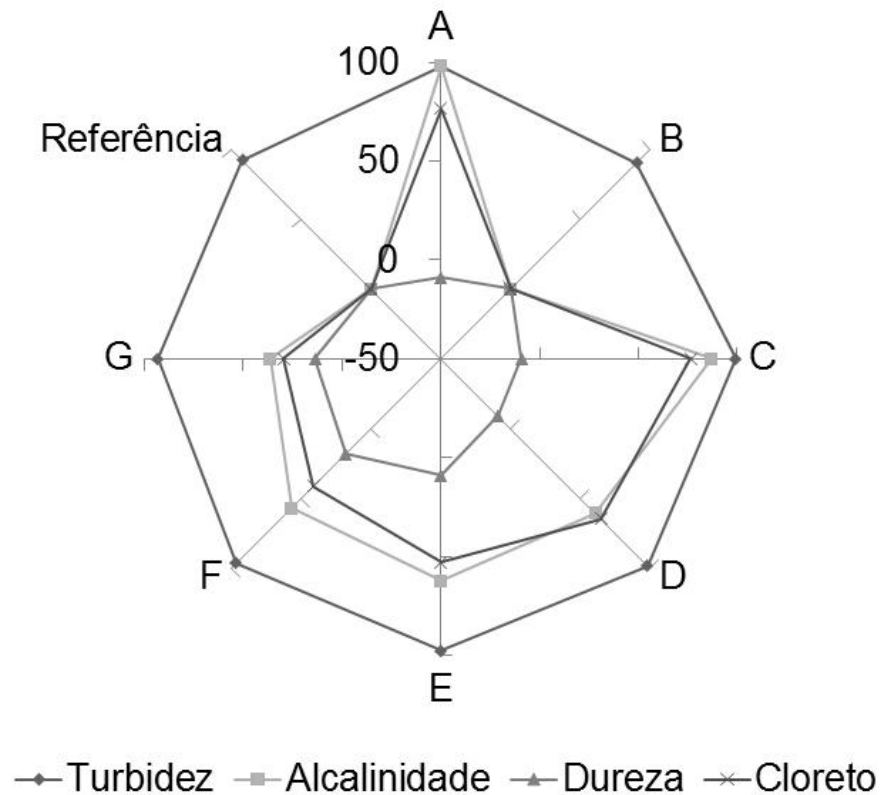
Resumo dos intervalos dos valores dos parâmetros característicos da água residuária investigada da usina de concreto

Parâmetro	Unidade	Valor medido
pH	-	12,3 - 12,8
Turbidez	NTU	100-130
Cloro residual	mg L ⁻¹	0,05
Cloretos	mg L ⁻¹	< 170
Alcalinidade	mg L ⁻¹ CaCO ₃	660 - 1680
Dureza	mg L ⁻¹ CaCO ₃	1100 - 1400

Diretrizes para o uso da água residuária de usinas de concreto em atividades que prescindam da água potável

Uso não potável previsto	Parâmetros dos documentos de referência		Tratamento adicional a ser previsto
	exigidos	ultrapassados no presente estudo	
Lavagem de caminhões betoneira	pH cor aparente turbidez alcalinidade	todos	Correção do pH Coagulação – remoção de cor aparente e turbidez desinfecção (possibilidade de contato).
Descarga de bacias sanitárias	pH cor aparente turbidez cloro residual cloreto	pH cor aparente turbidez	
Lavagem de pátios*	pH cor aparente turbidez cloro residual coliformes termotolerantes	pH cor aparente turbidez	

Estudo 2 – Concrete plant wastewater treatment process by coagulation combining aluminum sulfate and *Moringa oleifera* powder



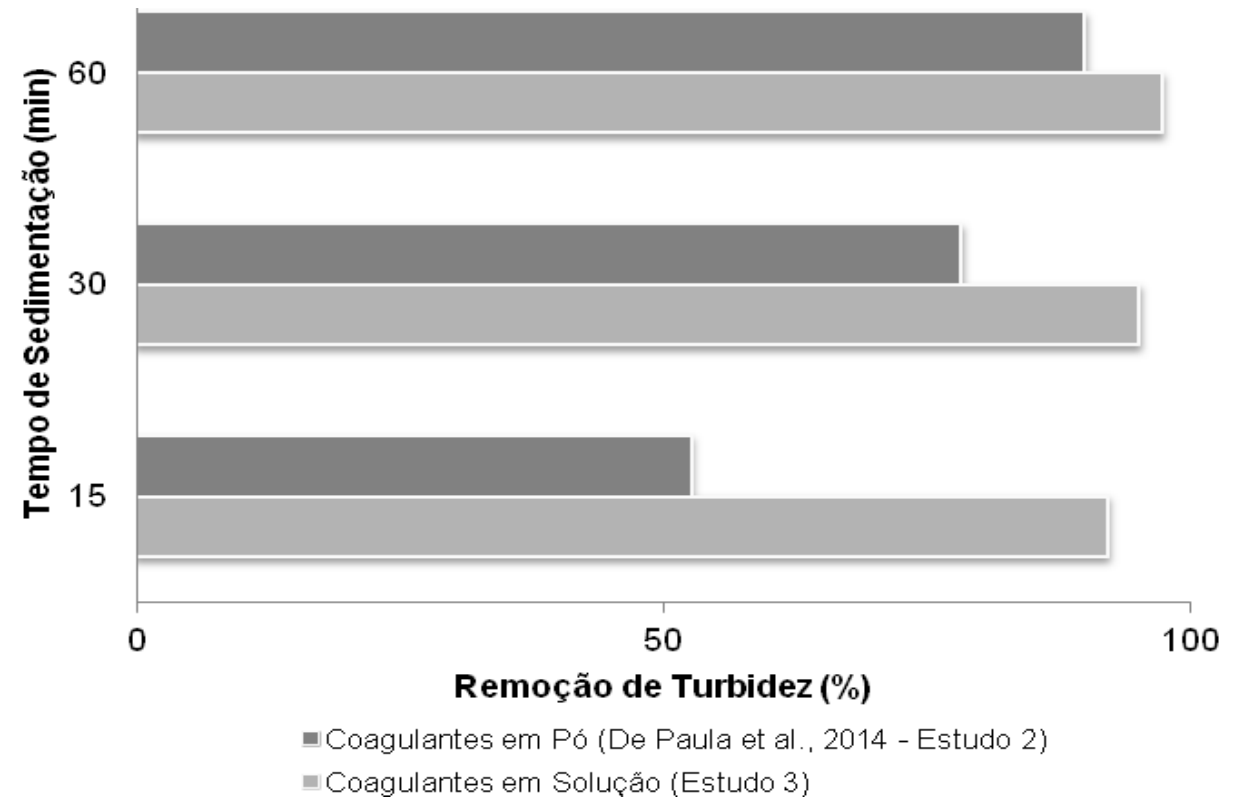
Applications of the treated effluent assessed accordance with dosage.

Dosage	Reference documents ^a	Applications	Parameters to correct
A	II	Irrigation of green areas and water gardens	Residual chlorine and hardness
B	—	Not applicable	pH, residual chlorine alkalinity and hardness
C	I, II e III	For all types of irrigation, vehicle washing, discharge toilets, fire fighting system, air conditioning system.	Residual chlorine and hardness
D	—	Not applicable	pH, residual chlorine alkalinity and hardness
E	—	Not applicable	pH, residual chlorine alkalinity and hardness
F	—	Not applicable	All
G	—	Not applicable	All
Reference	—	Not applicable	All

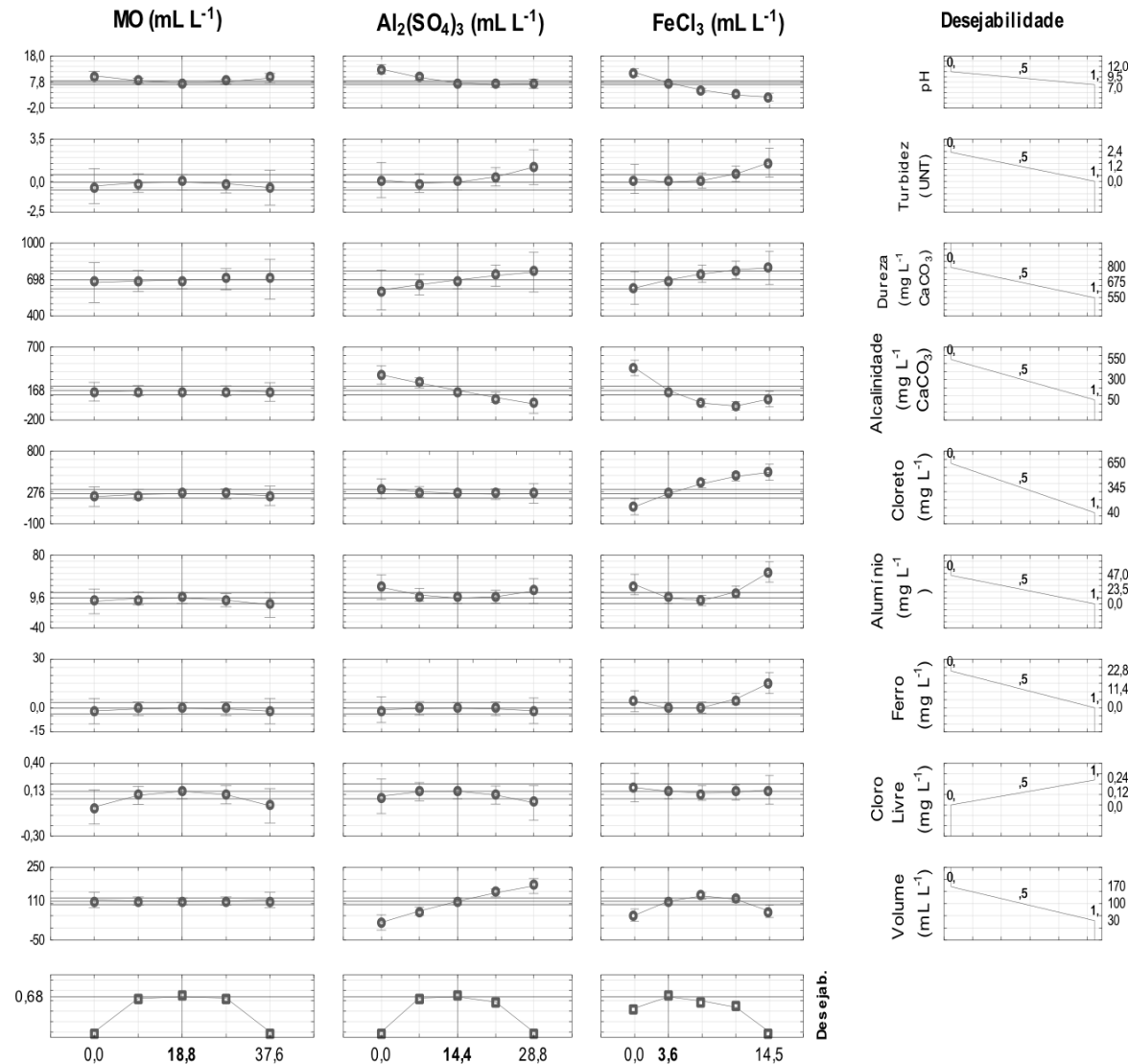
Dosagem	Al ₂ (SO ₄) ₃ (%)	MO (%)
A	100	--
B	--	100
C	80	20
D	60	40
E	50	50
F	40	60
G	20	80
Referência	---	---

Estudo 3 – Coagulantes químicos e *Moringa oleifera* na forma solúvel para o tratamento da água residuária do concreto visando o reuso

Comparação da eficiência de remoção da turbidez (%) quando do uso dos coagulantes em pó ou em solução



Estudo 4 – Otimização da dosagem de coagulantes químicos associados à Moringa oleifera para o tratamento da água residuária de usinas de concreto



O valor da **desejabilidade global** foi de **0,68**, indicando um avanço aceitável e bom.

Faixas dos coagulantes

MO entre 9,4 e 18,8 mL L⁻¹ (0,47 a 0,94 g L⁻¹)

Al₂(SO₄)₃ entre 7,2 e 14,4 mL L⁻¹ (0,36 a 0,72 g L⁻¹)

FeCl₃ de 3,6 mL L⁻¹ (0,18 g L⁻¹)

Testadas duas faixas específicas de concentrações dos coagulantes:

- Tratamento 1: MO = 9,4 mL L⁻¹ (0,47 mg L⁻¹); Al₂(SO₄)₃ = 7,2 mL L⁻¹ (0,36 mg L⁻¹); e FeCl₃ = 3,6 mL L⁻¹ (0,18 mg L⁻¹);
- Tratamento 2: MO = 9,4 mL L⁻¹ (0,47 mg L⁻¹); Al₂(SO₄)₃ = 14,4 mL L⁻¹ (0,72 mg L⁻¹), e FeCl₃ = 3,6 mL L⁻¹ (0,18 mg L⁻¹).

Parâmetro	Água residuária	Tratamento 1		Tratamento 2	
		Predito	Obtido em laboratório	Predito	Obtido em laboratório
pH	12,01	10,55	11,25	8,56	9,55
Remoção de Turbidez (%)	91,60	99,90	99,88	99,90	99,92
Dureza (mg L ⁻¹ CaCO ₃)	850,00	635,06	633,33	687,80	675,00
Alcalinidade (mg L ⁻¹ CaCO ₃)	750,00	259,31	233,33	166,43	116,67
Cloreto (mg L ⁻¹)	170,00	287,39	290,00	264,46	283,33
Alumínio (mg L ⁻¹)	0,40	14,41	28,17	9,10	17,67
Ferro (mg L ⁻¹)	1,00	0,0	0,65	0,00	0,12
Cloro residual (mg L ⁻¹)	0,10	0,08	0,02	0,09	0,02
Volume de lodo (mL L ⁻¹)	27,85	69,91	69,62	111,48	90,51

Estudo 5 – Qualidade da água residuária de usina de concreto tratada com coagulantes químicos associados à *Moringa oleifera*

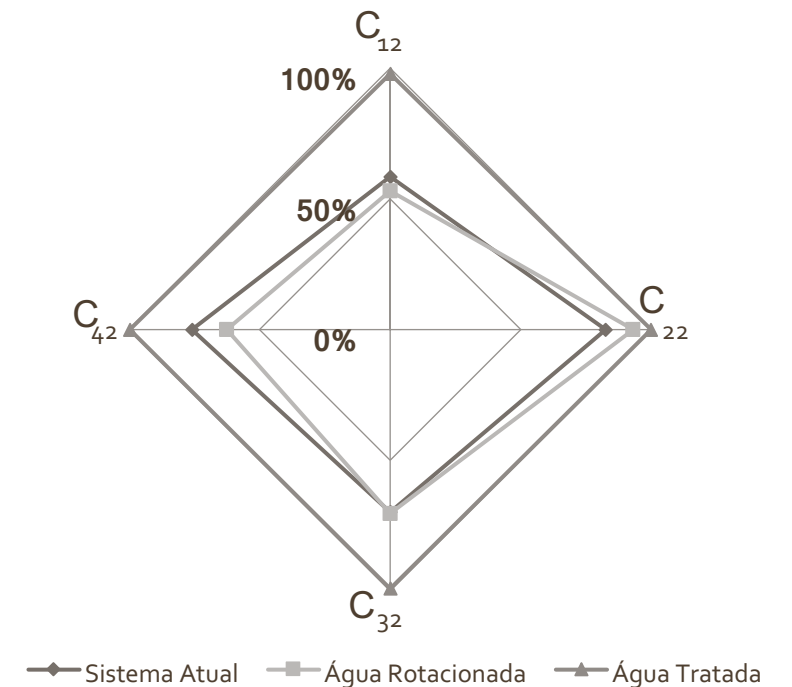
Valores médios da turbidez da água coletada no ponto 2 do sistema de tratamento existente na usina, no **início da semana** de produção

Amostras	Turbidez (NTU)							
	C ₁₁		C ₂₁		C ₃₁		C ₄₁	
Água <i>in loco</i> (Sistema atual)	5,26	b C	7,44	c C	5,07	b C	2,50	a B
Água Rotacionada	4,70	c B	6,20	d B	1,68	a B	2,78	b C
Água Tratada	1,60	d A	1,11	c A	0,91	b A	0,26	a A
Remoção de Turbidez (%)	69,57		85,13		82,10		89,74	

Valores médios da turbidez da água coletada no ponto 2 do sistema de tratamento existente na usina, no **final da semana** de produção

Amostras	Turbidez (NTU)							
	C ₁₂		C ₂₂		C ₃₂		C ₄₂	
Água <i>in loco</i> (Sistema atual)	25,77	a C	129,33	d C	62,33	c C	39,62	b C
Água Rotacionada	12,10	b B	8,89	a B	18,48	d B	14,88	c B
Água Tratada	0,55	c A	0,08	a A	0,55	c A	0,19	b A
Remoção de Turbidez (%)	97,88		99,94		99,12		99,52	

Remoção da turbidez (%) no final da semana de produção para os diferentes tratamentos aplicados



CONCLUSÕES

Este trabalho trouxe uma proposta para o tratamento da água residuária de usinas de concreto, associando a *Moringa oleifera* a coagulantes químicos. O processo foi otimizado e validado com a aplicação do tratamento por meio de ensaios laboratoriais, que simularam o ciclo de produção da usina de concreto.

A análise da qualidade da água residuária do concreto indicou a necessidade de tratamento adicional para o reuso não potável na própria usina.

A inclusão de uma etapa de coagulação-floculação melhoraria significativamente a qualidade da água residuária de concreto.

Todas as dosagens aplicadas com os coagulantes em pó apresentaram eficiência de remoção da turbidez acima de 90%. Porém, o uso dos coagulantes em forma solúvel ou extrato melhora a eficiência do tratamento por potencializar a extração da proteína coagulante.

CONCLUSÕES

O estudo de otimização obteve como melhor dosagem para a água residuária de usina de concreto foi: MO - 9,4 mL L⁻¹ (0,47 g L⁻¹); Al₂(SO₄)₃ - 7,2 mL L⁻¹ (0,36 g L⁻¹) e FeCl₃ - 3,6 mL L⁻¹ (0,18 g L⁻¹), certificado pela boa semelhança entre os valores preditos e os encontrados experimentalmente.

A inclusão do processo de coagulação, avaliado no ciclo de produção da usina, atingiu uma remoção de turbidez de até 99,94%, com valores sempre inferiores a 2 UNT.

Avaliando de forma sistêmica, a água tratada atenderia aos limites estabelecidos por Sautchuk et al. (2005), NBR 15527 (ABNT, 2007), USEPA (2012) e NBR 15900 (ABNT, 2009) quanto à turbidez, podendo ser destinada:

- para rega de jardins, áreas verdes,
- lavagem de veículos,
- descarga de bacias sanitárias e, principalmente,
- no caso do reuso para a produção de concreto da usina, poderia ser destinada como água de amassamento para o concreto armado ou concreto simples (sem armadura).

A inclusão de um coagulante natural contribui para desenvolvimento de um ciclo sustentável na produção do concreto, reduzindo o consumo de água e minimizando os resíduos gerados.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527: Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos.** Rio de Janeiro, 2007, 8p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15900: Água para amassamento do concreto Parte 1: Requisitos.** Rio de Janeiro, 2009, 11p.
- BAILEY, J.; BUDGEN, D.; TURNER, M.; KITCHENHAM, B; BRERETON, P.; LINKMON, S. Evidence relating to Object-Oriented software design: A survey. IN: First International Symposium on Empirical Software Engineering and Measurement. Computer Society, 2007.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Política Nacional de Resíduos Sólidos.** Versão Preliminar. Brasília, setembro de 2011.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA Nº 430, DE 13 DE MAIO DE 2011, Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, Complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. **Diário Oficial da União,** Brasília, 16 de Maio. 2011.
- DIEESE - Departamento Intersindical de Estatística E Estudos Socioeconômicos. **Estudos e Pesquisas: Estudo Setorial da Construção 2012.** N.63 – maio de 2013.
- EKOLU, S. O.; DAWNEERANGEN, A. Evaluation of recycled water recovered from a ready-mix concrete plant for reuse in concrete. **J. S. Afr. Inst. Civ. Eng.** [online]. v. 52, n. 2, p. 77-82, 2010.
- GIDDE, M.R.; BHALERAO, A.R.; MALUSARE, C.N. Comparative study of different forms of *Moringa oleifera* extracts for turbidity removal. **International Journal of Engineering Research and Development,** v. 2, n. 1, p. 14-21, jul. 2012.
- 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, n. 3, p. 222 – 231, 2010.
- MEHTA, P.K. Greening of the Concrete Industry for Sustainable Development. **Concrete International Journal,** v. 24, n. 7, p. 23 – 28, 2002.
- NDABIGENGESERE, A.; NARASIAH, K. S. Quality of Water Treated by Coagulation Using Moringa Oleifera Seeds. **Water Research,** v. 32, n. 3, p. 781-791, 1998.
- NWAIWU, N. E.; BELLO, A.A. Effect of *Moringa oleifera*-alum Ratios on Surface Water Treatment in North East Nigeria. **Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology,** v. 3, n. 6, p. 505-512, 2011.
- NWAIWU, N. E.; IBRAHIM, W. I.; RAUFU, I. A. Antiseptic and coagulation properties of crude extracts of *Moringa oleifera* seeds from north east of Nigeria. **Journal of Applied Phytotechnology in Environmental Sanitation,** v. 1, n. 2, p. 51-59, 2012.
- OKUDA, T.; BAES, A. U.; NISHIJIMA, W.; OKADA, M. Improvement of extraction method of coagulation active components from Moringa Oleifera seed. **Water Research,** v.33, n. 15, p.3373-3378, 1999.
- 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, p. 1 – 10, 2008.
- SANDROLINI, F; FRANZONI, E. Waste wash water recycling in ready-mixed concrete plants. **Cement and Concrete Research,** v. 31, n. 3, p. 485-489, mar 2001.
- SAUTCHUK, C.; FARINA, H.; HESPANHOL, I.; OLIVEIRA, L. H.; COSTI, L. O.; ILHA, M.S.O.; GONÇALVES, O.M.; MAY, S.; BONI, S.S.N.; SCHMIDT, W. **Conservação e reúso da água em edificações – Manual da FIESP.** São Paulo. 2005, 151 p.
- SU, N; MIAO, B; LIU, F. Effect of wash water and underground water on properties of concrete. **Cement and Concrete Research,** v. 32, n. 5, p. 777-782,
- TSIMAS, S; ZERVAKI, M. Reuse of waste water from ready-mixed concrete plants. **Management of Environmental Quality: An International Journal,** v. 22, n. 1, p. 7–17, 2011.
- U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). **Guidelines for Water Reuse. EPA. EPA/600/R-12/618,** September 2012. Environmental Protection Agency. Washington, D.C.
- VIEIRA, L. B. P. Implantação de modelo sustentável para centrais dosadoras de concreto: Redução do volume de resíduos com o uso de estabilizador de pega em centrais dosadoras de concreto. In: 52º CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO. **Anais...** Fortaleza – CE, 2010.

Agradecimentos