



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE MARABÁ  
FACULDADE DE QUÍMICA

**ROBERTO RODRIGUES LOPES**

**ESTUDO DA CLARIFICAÇÃO DE ÁGUA DE RESFRIAMENTO TRATADA COM  
UM PRODUTO DE ORIGEM ORGÂNICA**

**Marabá**

**2013**

**ROBERTO RODRIGUES LOPES**

**ESTUDO DA CLARIFICAÇÃO DE ÁGUA DE RESFRIAMENTO TRATADA COM  
UM PRODUTO DE ORIGEM ORGÂNICA**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado para obtenção do título de  
Licenciado Pleno em Química,  
Faculdade de Química, Universidade  
Federal do Pará.

Orientador: Prof. *M.Sc.* Cleisanu  
Rodrigues Lima.

**Marabá**

**2013**

**ROBERTO RODRIGUES LOPES**

**ESTUDO DA CLARIFICAÇÃO DE ÁGUA DE RESFRIAMENTO TRATADA COM  
UM PRODUTO DE ORIGEM ORGÂNICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
para obtenção do título de Licenciado Pleno em  
Química, Faculdade de Química, Universidade  
Federal do Pará.

Data da Apresentação: **08 de abril de 2013.**

**Conceito:** \_\_\_\_\_

**Banca examinadora**

---

Prof. *M.Sc.* Clesianu Rodrigues de Lima  
Faculdade de Química/UFPA – Orientador

---

Prof. *M.Sc.* Geiso Rafael  
Faculdade de Química/UFPA – membro

---

Prof<sup>a</sup>. Dra. Heloizy Freitas Levy  
Faculdade Química/UFPA - membro

Dedico este trabalho a minha grande mãe Rosa Maria Rodrigues Lopes, a minha namorada Karlla Maria de Castro Silva e a minha amiga e segunda mãe Dona Roçanha Silva Vila Nova, que foram os principais responsáveis por essa conquista: e que com seus exemplos de vida me mostraram que vale a pena lutar, pois sempre me apoiaram em todos os momentos.

## AGRADECIMENTOS

*A Deus.*

*A minha mãe Rosa Maria Rodrigues Lopes, que é responsável por tudo que me tornei hoje, ela que é a pessoa mais humilde que já conheci em toda minha vida, e que teve muita força e coragem para criar a mim e aos meus irmãos sozinha, se não fosse ela eu não teria chegado até aqui, ela que é o tesouro mais precioso que tenho, ao AMOR dado por ela a mim.*

*A minha namorada Karlla Maria de Castro Silva, pela força, Amor e compreensão em todas as etapas do curso.*

*Ao meu melhor amigo e irmão Dalvino, por sempre estar comigo.*

*A Dona Roçanha minha segunda mãe, por sempre me aconselhar e me tratar como seu filho.*

*A minha amiga Roseane Villa Nova, por servir de exemplo de dedicação e inteligência, e por ter sempre me apoiado nesta jornada.*

*Ao meu orientador, professor e amigo Clesianu Rodrigues de Lima por desde o início do curso ter acreditado na minha capacidade e jamais ter menosprezado minha personalidade.*

*Ao meu amigo Fernando Guimarães, o “Pedroso”, pelas caronas, momentos de descontração, parceria, exemplo de esforço e dedicação.*

*A minha colega de classe Poliana Pereira por sempre estar disponível a me ajudar, e ter se tornado para mim o modelo de pessoas simples e super amiga.*

*As minhas colegas Priscilla Dorighetto e Maria Cristina, pela sinceridade amizade.*

*Aos meus colegas de classe Druval Sá e Raulem Santana, pela amizade e companheirismo.*

*Ao meu professor e amigo Geiso Rafael, pela amizade e todo apoio dado a mim durante todo o curso.*

*A professora Heloizy Levi, por ter sido minha primeira orientadora, e ter aceitado o convite de fazer parte da minha banca de avaliação.*

*Ao professor Sebastião Silva, que através do seu caráter me fez absorver muita maturidade.*

*A SINOBRAS por ter acreditado no meu trabalho, ter disponibilizado todos os recursos para a minha pesquisa e por oferecer a oportunidade para ampliar minhas bases de conhecimento. Aos meus colegas de trabalho pela amizade e companheirismo da equipe.*

*A todos os meus colegas de classe que estiveram nesta highway comigo.*

*A todos aqueles que direta ou indiretamente colaboraram para a realização deste trabalho e que estiveram comigo no decorrer desses 4 anos e meio.*

**Muito Obrigada!**

*“ Somente os mortos verão o fim da guerra.”*

*Platão*

## RESUMO

O produto em questão identificado como W-33, é um polímero orgânico que possui propriedades de grande importância no tratamento dos sistemas de resfriamento/refrigeração, atua como algicida, dispersante, anti-corrosivo, anti-incrustante; funções estas que promovem uma maior conservação do sistema em que recircula a água tratada por este produto. Este produto atua quelando metais, pois sua característica química permite a formação de uma película protetora por adsorção sobre a superfície interna da tubulação, atua como clarificante promovendo um melhor aspecto da água através da sua ação coagulante permitindo assim uma baixa concentração de matéria orgânica entre outros materiais no circuito fechado, e contém substâncias químicas de menor impacto ambiental, por ser derivado de um extrato vegetal. O estudo do W-33 em uma água de resfriamento, visa avaliar a eficiência do mesmo que é de origem orgânica, derivado da acácia negra uma palmeira típica da região sul do Brasil. Este produto é aplicado no tratamento da água de resfriamento que é recirculada na torre do circuito spray, esta torre de resfriamento encontra-se instalada na área de Utilidades, célula que faz parte da Engenharia da empresa SINOBRAS (Siderúrgica Norte Brasil S.A.). A inserção deste produto torna-se importante por ser um produto que possui mesmas funções que outros produtos de origem inorgânica e por se tratar de um produto que não agride o meio ambiente, ou seja; o W-33 é biodegradável o que enfatiza o seu diferencial quando comparado a produtos inorgânicos que são usualmente utilizados em tratamento de água de resfriamento. No presente trabalho foi avaliada a atividade clarificante do W-33 na água de resfriamento do circuito spray e a sua atividade anti-corrosiva e anti-incrustante através do cálculo do índices de tendência. Para a avaliação das atividades acima citadas, foram analisados os seguintes parâmetros: turbidez, pH, alcalinidade total, cloretos, dureza total e temperatura, via metodologia de titulação e instrumentos medidores.

**Palavras chaves:** W-33, clarificação, corrosão, incrustação, água de resfriamento.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 – Esquema de sistema aberto de resfriamento .....	19
FIGURA 2 – Esquema de sistema semi-aberto de resfriamento.....	20
FIGURA 3 – Esquema de sistema fechado de resfriamento .....	21
FIGURA 4 – a) barras de PVC; b) barras de madeira .....	22
FIGURA 5 – Enchimento tipo filme em PVC .....	23
FIGURA 6 – Principais problemas associados aos processos.....	24
FIGURA 7 – Tanato Quaternário de Amônio .....	30

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – SINOBRAS em números .....	18
TABELA 2 – Classes de microorganismos, nutrientes e danos causados .....	27
TABELA 3 – Parâmetros de controle para torre de resfriamento .....	36
TABELA 4 – Resultados do mês de Julho .....	42
TABELA 5 – Resultados do mês de Agosto .....	42
TABELA 6 – Resultados do mês de Setembro.....	44
TABELA 7 – Ciclos de concentração .....	45
TABELA 8 – Resultados de pHs .....	46
TABELA 9 – Índices de tendência.....	47
TABELA 10 – Tendência Langelier .....	47
TABELA 11 – Tendência Ryznar.....	48

## LISTA DE ABREVIATURAS

p.	Página
Pa	Pará
pH	Potencial hidrogeniônico
pHs	Potencial hidrogeniônico de saturação
I <sub>L</sub>	Índice Langelier
I <sub>RZ</sub>	Índice Ryznar
T	Temperatura
BWE	Brazilian Wattle Extract
UFPA	Universidade Federal do Pará
SINOBRAS	Siderúrgica Norte Brasil
SI 60	SINOBRAS 60
CaCO <sub>3</sub>	Carbonato de cálcio
CaSO <sub>4</sub>	Sulfato de cálcio
SiO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	Silicato
SiO <sub>2</sub>	Sílica
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Óxido férrico
EDTA	Ácido etilenodiamino tetra-acético
Ca	Cálcio
Mg	Magnésio
Fe	Ferro
H <sub>2</sub> O	Água
OH <sup>-</sup>	Hidróxido

HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Carbonato
CO <sub>2</sub>	Gás carbônico
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Ácido sulfúrico
AgNO <sub>3</sub>	Nitrato de prata
K <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub>	Cromato de potássio
Cl	Cloro
Sr	Estrôncio
NTU	Unidades Nefelométrica de Turbidez
ETA	Estação de Tratamento de Água
C.C.	Ciclo de Concentração
At	Alcalinidade total
RS	Rio Grande do Sul
Ltda	Limitada
Mín.	Mínimo
Máx.	Máximo
jul	Julho
ago	Agosto
set	Setembro

## LISTA DE SÍMBOLOS E UNIDADES

°C	Grau Celsius
%	Porcentagem
g	Gramma
N	Normal
h	Horas
Kg	Quilograma
L	Litro
mg	Miligramas
mL	Mililitros
ppm	Parte por milhão

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	15
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	16
2.1 OBJETIVO GERAL .....	16
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	16
<b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	17
3.1 SINOBRAS .....	17
3.2 SISTEMAS DE RESFRIAMENTO .....	18
<b>3.2.1 Sistema aberto de resfriamento</b> .....	18
<b>3.2.2 Sistema semi-aberto ou abertos de recirculação</b> .....	19
<b>3.2.3 Sistema fechado</b> .....	19
3.3 TIPOS DE ENCHIMENTO .....	21
3.4 PRINCIPAIS PROBLEMAS EM UMA TORRE DE RESFRIAMENTO .....	23
3.5 TRATAMENTO USUAL DE ÁGUA DE RESFRIAMENTO .....	26
3.6 CARACTERÍSTICAS DO W-33 .....	29
3.7 TIPOS DE ÁGUA .....	31
<b>3.7.1 Níveis de dureza</b> .....	31
3.8 PROCESSO DE CLARIFICAÇÃO .....	32
<b>3.8.1 Neutralização</b> .....	32
<b>3.8.2 Coagulação</b> .....	32
<b>3.8.3 Floculação</b> .....	33

<b>3.8.4 Sedimentação</b> .....	33
<b>3.9 DEFINIÇÃO DOS PARÂMETROS DE ÁGUA PARA RESFRIAMENTO</b> .....	33
<b>3.9.1 Turbidez</b> .....	33
<b>3.9.2 pH</b> .....	34
<b>3.9.3 Alcalinidade</b> .....	34
<b>3.9.4 Cloretos</b> .....	34
<b>3.9.5 Dureza</b> .....	35
<b>3.9.6 Temperatura</b> .....	35
<b>3.9.7 Controle analítico para água de resfriamento</b> .....	36
<b>3.10 CICLO DE CONCENTRAÇÃO E ÍNDICES DE ESTABILIDADE</b> .....	36
<b>3.10.1 Ciclo de concentração</b> .....	36
<b>3.10.2 Índices de estabilidade</b> .....	37
3.10.2.1 <i>Índice de Saturação de Langelier</i> .....	37
3.10.2.2 <i>Índice de Ryznar</i> .....	38
<b>4 METODOLOGIA</b> .....	39
4.1 LOCAL.....	39
4.2 APLICAÇÃO DO W-33.....	39
4.3 ANÁLISES.....	40
<b>4.3.1 Materiais utilizados</b> .....	40
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	42
5.1 PERÍODO - JULHO .....	42
5.2 PERÍODO - AGOSTO .....	43
5.3 PERÍODO - SETEMBRO.....	44

5.4 CÁLCULO DO CICLO DE CONCENTRAÇÃO .....	45
5.5 CÁLCULO DO pH DE SATURAÇÃO E DOS ÍNDICES DE LANGELIER E RYZNAR .....	46
5.5.1 pH de saturação .....	46
5.5.2 Índice de Langelier .....	47
5.5.2 Índice de Ryznar .....	47
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	50
6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....	51
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	52