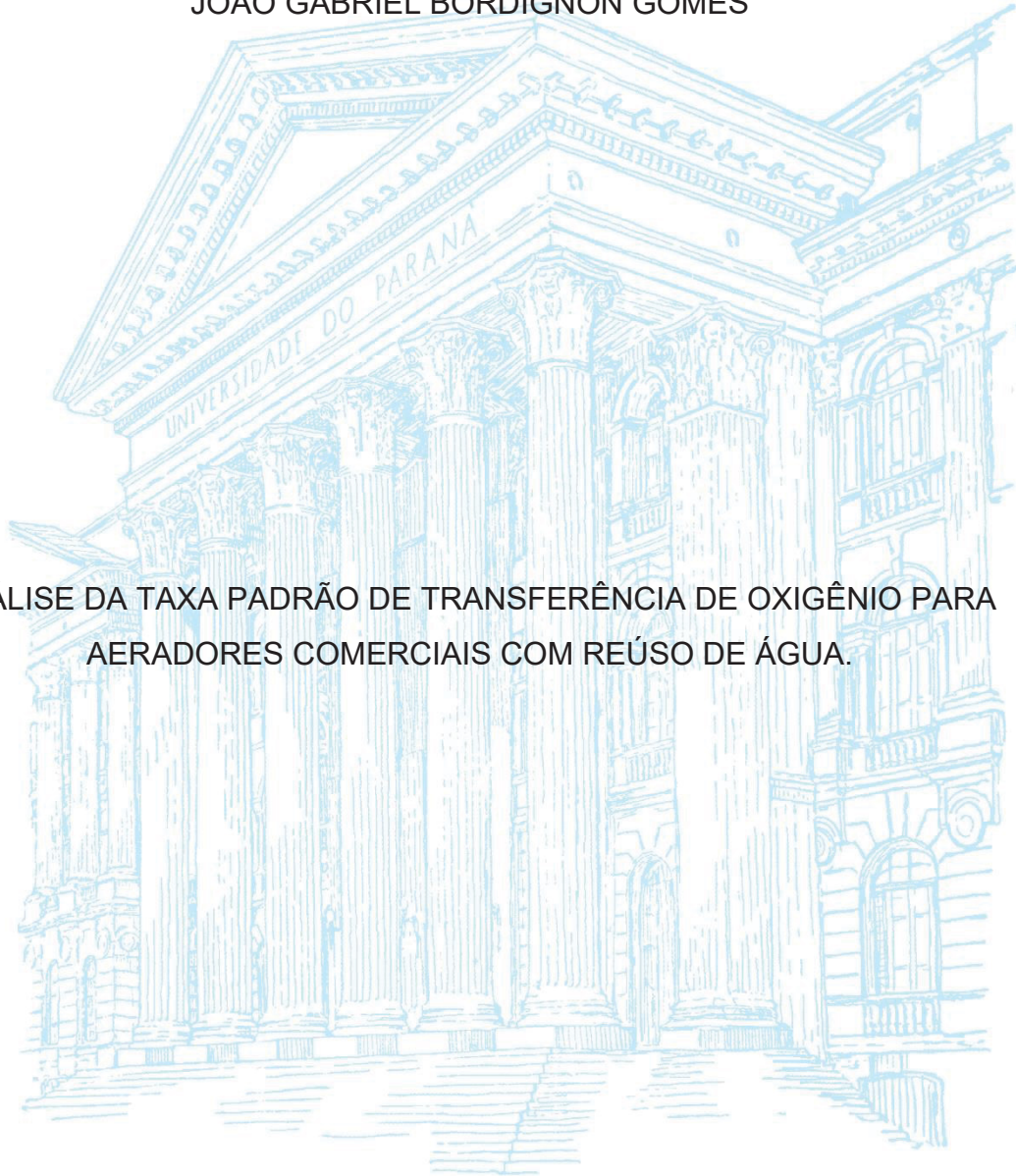


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ – UFPR

JOÃO GABRIEL BORDIGNON GOMES

ANÁLISE DA TAXA PADRÃO DE TRANSFERÊNCIA DE OXIGÊNIO PARA  
AERADORES COMERCIAIS COM REÚSO DE ÁGUA.



PALOTINA, PR

2023

JOÃO GABRIEL BORDIGNON GOMES

ANÁLISE DA TAXA PADRÃO DE TRANSFERÊNCIA DE OXIGÊNIO PARA  
AERADORES COMERCIAIS COM REÚSO DE ÁGUA.

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia e Tecnologia Ambiental Setor de Palotina - PR, da Universidade Federal do Paraná, como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia e Tecnologia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Eduardo Zacarkim

PALOTINA, PR

2023

Universidade Federal do Paraná. Sistemas de Bibliotecas.  
Biblioteca UFPR Palotina.

G633 Gomes, João Gabriel Bordignon  
Análise da taxa padrão de transferência de oxigênio  
para aeradores comerciais com reúso de água / João Gabriel  
Bordignon Gomes. – Palotina, PR, 2023.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná,  
Setor Palotina, PR, Programa de Pós-Graduação em Engenharia e  
Tecnologia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Eduardo Zacarkim.

1. Eficiência de aeradores. 2. Reúso de água. 3. Sustentabilidade.  
I. Zacarkim, Carlos Eduardo. II. Universidade Federal do Paraná.  
III. Título.

CDU 574

Bibliotecária: Aparecida Pereira dos Santos – CRB 9/1653



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SETOR PALOTINA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO ENGENHARIA E  
TECNOLOGIA AMBIENTAL - 40001016173P5

## TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação ENGENHARIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado de **JOÃO GABRIEL BORDIGNON GOMES** intitulada: **ANÁLISE DA TAXA PADRÃO DE TRANSFERÊNCIA DE OXIGÊNIO PARA AERADORES COMERCIAIS COM REÚSO DE ÁGUA**, sob orientação do Prof. Dr. CARLOS EDUARDO ZACARKIM, que após terem inquirido o aluno e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de mestre está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

Palotina, 03 de Março de 2023.

Assinatura Eletrônica

08/03/2023 15:47:25.0

CARLOS EDUARDO ZACARKIM

Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica

11/03/2023 11:41:04.0

ALEXANDRE LESEUR DOS SANTOS

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica

08/03/2023 15:38:44.0

EDUARDO LUCAS KONRAD BURIN

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

---

RUA PIONEIRO, 2153 - Palotina - Paraná - Brasil  
CEP 85950-000 - Tel: (44) 3211-8500 - E-mail: ppgeta@ufpr.br

Documento assinado eletronicamente de acordo com o disposto na legislação federal Decreto 8539 de 08 de outubro de 2015.

Gerado e autenticado pelo SIGA-UFPR, com a seguinte identificação única: 263478

Para autenticar este documento/assinatura, acesse <https://www.prppg.ufpr.br/siga/visitante/autenticacaoassinaturas.jsp>  
e insira o código 263478

## RESUMO

O número de aeradores necessários em um empreendimento aquícola, depende da demanda total de oxigênio e da eficiência do equipamento SOTR (Standard Oxygen Transference Rate) e SAE (Standard Aerator Efficiency). A eficiência dos aeradores pode ser influenciada por um grande número de variáveis, exigindo que empresas/pesquisadores da área tenham que realizar inúmeros testes de eficiência rotineiramente. Para atender a metodologia do teste é necessário que a relação potência/volume não exceda  $0,1 \text{ kW/m}^3$ , ou seja, para o teste de um equipamento de 2 cv ( $\cong 1,5 \text{ kW}$ ) são necessários, pelo menos 15000 litros de água limpa para cada um dos testes realizados. Entretanto, devido as dimensões e tipo de funcionamento dos aeradores comerciais esse volume é geralmente muito maior, gerando assim grandes custos com renovações de água, além do impacto ambiental deste desperdício. Portanto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a possibilidade de realização dos testes de eficiência de aeração (SOTR e SAE) em água reutilizada, tornando esta metodologia mais sustentável. Após a realização dos testes tornou-se evidente a alteração dos resultados em água reutilizada, no entanto, foi possível o reúso da água mediante a utilização dos fatores de correção desenvolvidos.

**Palavras-chave:** SOTR; SAE; eficiência de aeradores; reúso de água; sustentabilidade.

## ABSTRACT

The number of aerators required in an aquaculture system depends on the total oxygen demand and the efficiency of the equipment measured as SOTR (Standard Oxygen Transference Rate) and SAE (Standard Aerator Efficiency). Many variables affect the efficiency of aerators which makes companies/researchers perform several efficiency tests on a routine basis. Standard tests requires that the power/water volume ratio does not exceed  $0.1 \text{ kW/m}^3$ . It means that for testing a 2 hp ( $\cong 1.5 \text{ kW}$ ) equipment, at least 15,000 liters of clean water are required for each of the tests performed. However, due to the dimensions and type of operation of commercial aerators, this volume is generally much larger. This represents significant costs for water renewals, as well as an environmental impact related to this water wasting. The goal of this study was to evaluate the possibility of conducting aeration efficiency tests (SOTR and SAE) in reused water, making this methodology more sustainable. After conducting the tests, it became evident that the results were affected when performed with reused water. However, it was possible to reuse the water by applying correction factors developed in this study.

**Keywords:** SOTR; SAE; aerator efficiency; water reuse; sustainability.

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO .....	8
MATERIAL E MÉTODOS.....	9
RESULTADOS.....	11
DISCUSSÃO .....	18
CONCLUSÃO .....	18
AGRADECIMENTOS.....	19
REFERÊNCIAS .....	19

## INTRODUÇÃO

Dados recentes disponibilizados pela FAO (2022), apontam o Brasil no 13º lugar (630.000 toneladas) na produção geral de peixes mundial e em 8º lugar na piscicultura continental (552.000 toneladas).

De acordo com o Anuário Brasileiro da Piscicultura (2022), a piscicultura representa a atividade de produção animal brasileira que mais cresce nos últimos anos. Esse aumento de produtividade só foi possível graças ao crescimento do profissionalismo dos produtores, ao compreenderem que para se manterem competitivos é necessário ter o total controle da atividade, ou seja, um maior cuidado no manejo e qualidade de água, além da utilização de mecanismos de registros de custos (EMBRAPA, 2017).

De acordo com Embrapa (2017), a rentabilidade das áreas aquícolas pode ser incrementada significativamente quando os produtores investem em tecnologia, como por exemplo em aeração mecânica. Segundo Arana (2017), a definição de aeração mecânica é a transferência do oxigênio presente na atmosfera para a coluna d'água por meio da interface líquido-ar, potencializada pelo incremento de turbulência na água.

A função principal dos aeradores é criar condições mais próximas possíveis do equilíbrio entre os gases presentes no ar e na água, esse processo é realizado por meio da incorporação do oxigênio ( $O_2$ ) na água e remoção de alguns gases, como nitrogênio ( $N_2$ ) e o dióxido de carbono ( $CO_2$ ) para a atmosfera (LEKANG, 2007). Os aeradores também exercem diversas outras importantes funções essenciais para a piscicultura, como a remoção de amônia ( $NH_3$ ) e a movimentação da coluna d'água, evitando assim que a estratificação térmica ocorra (BOYD E TUCKER, 1998; KUBITZA, 2018).

O número de aeradores necessários em um empreendimento aquícola, depende da demanda total de oxigênio - DTO (somatória da respiração da água, do fundo do viveiro e dos animais) e da eficiência do equipamento (ARANA, 2017). De acordo com Boyd e Tucker (1998) e Arana (2017), a determinação da eficiência dos aeradores é obtida por meio das equações de taxa padrão de transferência de oxigênio - SOTR (*Standard Oxygen Transference Rate*) e eficiência padrão de aerador - SAE (*Standard Aerator Efficiency*), que determinam a quantidade de quilos de oxigênio que os aeradores conseguem transferir em uma hora de funcionamento ( $kg.O_2/h$ ) e a quantidade de quilos de oxigênio incorporados por quilowatt-hora ( $kg.O_2/kWh$ ) respectivamente.

A eficiência dos equipamentos aeradores pode ser influenciada por meio do aperfeiçoamento do mecanismo utilizado, geometria da hélice (VAN HAANDEL;

CATUNDA; NEIVA, 2016), porcentagem de imersão do rotor, ângulo de entrada e saída das pás (CANCINO, ROTH E REUß, 2004), rotações por minuto (CANCINO, 2004a), diâmetro da hélice (CANCINO, 2004b), dentre outros fatores.

Esse grande número de variáveis exige que empresas/pesquisadores da área tenham que realizar inúmeros testes rotineiramente, a fim de se melhorar ou garantir que os padrões de eficiência estejam dentro dos parâmetros estipulados/desejados. De acordo com Boyd e Tucker (1998) para que o teste seja realizado da maneira correta é necessário que a relação potência/volume do aerador não exceda  $0,1 \text{ kW/m}^3$ , ou seja, para o teste de um equipamento de 2CV ( $\cong 1,5 \text{ kW}$ ) são necessários, pelo menos 15000 litros de água limpa para validação do teste. Entretanto, devido as dimensões e tipo de funcionamento dos aeradores comerciais esse volume é geralmente muito maior, tornando a metodologia pouco sustentável devido aos grandes custos com renovações de água, além de danos ambientais e sociais relacionados ao grande volume e descarte da água utilizada.

Portanto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a possibilidade de realização dos testes de eficiência de aeração (SOTR e SAE) em água reutilizada com a finalidade de tornar o processo sustentável. Para isso, foi necessário analisar a existência de diferença estatística entre os testes de eficiência padrão com e sem reúso de água, a fim de determinar um fator de correção para os resultados de acordo com a qualidade da água, ajustando os resultados dos testes realizados em água reutilizada, sob a hipótese de que testes em água de reúso podem ter seus resultados alterados positivamente.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O teste prático de eficiência de aeração proposto por Boyd e Tucker (1998), consiste basicamente em zerar o oxigênio da água ( $0 \pm 0.01 \text{ mg/L}$ ), utilizando Sulfito de sódio anidro (10 mg de  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  para cada mg/litro de oxigênio dissolvido da água) e Cloreto de cobalto (0,1 mg de  $\text{CoCl}_2$  para cada mg/litro de oxigênio dissolvido da água). Quando a depleção total de oxigênio ( $0 \pm 0.01 \text{ mg/L}$ ) é atingida, o equipamento aerador pode ser acionado, bastando a partir daí, registrar a cada minuto, as concentrações de oxigênio dissolvido (mg/L) e saturação da água (%) além, do tempo e das concentrações encontradas nos exatos momentos em que a saturação da água atinge 10 e 70%. Como resultado final do teste de eficiência, tem-se os valores de SAE e SOTR.

Os experimentos práticos foram realizados em uma propriedade particular e as análises de qualidade de água no laboratório de química da Universidade Federal do Paraná (UFPR) – Setor Palotina/PR, coordenadas 211506.62 m E e 7310174.24 m S, ambos locais com uma elevação de aproximadamente 344 metros em relação ao nível do mar.

O equipamento utilizado para aeração, foi um compressor de ar da marca Seven Star, modelo S-6000, com tensão nominal de 110v, corrente nominal de 0,045 A, potência de 5 W, volume de 480 L/h e frequência de 60 Hz, acoplado a duas pedras porosas por meio de mangueiras flexíveis de silicone.

Para a realização do experimento, foi utilizado um aquário de vidro de formato retangular com aproximadamente de 125 litros de volume total, o volume útil nos testes foi de aproximadamente 70 litros.

A água utilizada nos testes foi obtida da rede pública de abastecimento do município de Palotina-PR (SANEPAR).

O experimento foi dividido em 2 tratamentos, sendo eles: tratamento com reúso de água composto por 5 baterias de 10 testes, sem nenhuma renovação de água (apenas o primeiro teste em água limpa) e, tratamento sem reúso de água composto por 5 baterias de 5 testes todos com água limpa, totalizando 75 testes de eficiência.

Para a medição do oxigênio dissolvido (OD), saturação (SAT), temperatura da água de teste e pressão atmosférica, foi utilizado um oxímetro digital da marca YSI modelo ProSolo com sensor óptico.

Um medidor multifuncional digital de corrente alternada da marca PZEM modelo PZEM-022 foi utilizado a fim de se determinar diversos parâmetros como tensão, corrente, potência ativa, frequência e fator de potência em cada um dos testes realizados.

Uma bomba da marca JEBO, modelo R331 com vazão aproximada de 300 L/h foi utilizada para realizar a movimentação da água antes do início do teste, a fim de facilitar a depleção do oxigênio e garantir homogeneização da água.

Para pesagem dos reagentes foi utilizada uma balança de precisão Bel modelo S2202.

Os parâmetros de qualidade de água analisados foram: condutividade, turbidez e sólidos totais. Para determinar a condutividade foi utilizado um condutivímetro digital de

bancada, modelo ITMCA 150 e para a turbidez um turbidímetro del lab, modelo DLT-WV. A análise de sólidos foi realizada por meio do método gravimétrico.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com dois níveis de tratamento (com e sem reúso). Realizou-se análise de variância ( $P \leq 0,05$ ) por método de mínimos quadrados e, posterior teste de média (Túkey à  $P \leq 0,05$ ) para as variáveis em função da fonte de variação. Para o número de reúsos de água, realizou-se análise de regressão ( $P \leq 0,05$ ), (dos parâmetros avaliados) em função do número de reúso.

A análise estatística foi realizada com uso do software estatístico SAS 9.0

## RESULTADOS

Os resultados de eficiência (SOTR e SAE) estão contidos na tabela do tratamento sem reúso de água estão contidos na tabela 1 e do tratamento com reúso de água na tabela 2.

TABELA 1 - RESULTADO GERAL (SAE E SOTR) DOS TESTES DE EFICIÊNCIA SEM REÚSO DE ÁGUA.

TESTE	BAT.	SOTR (Kg.O <sub>2</sub> .h)	SAE (Kg.O <sub>2</sub> .kWh)	TESTE	BAT.	SOTR (Kg.O <sub>2</sub> .h)	SAE (Kg.O <sub>2</sub> .kWh)
1	1	0,0021	0,4274	64	8	0,0023	0,4597
2	1	0,0021	0,4135	65	8	0,0023	0,4605
3	1	0,0022	0,4354	66	9	0,0023	0,4694
4	1	0,0022	0,4413	67	9	0,0023	0,4545
5	1	0,0022	0,4421	68	9	0,0023	0,4368
6	2	0,0022	0,4454	69	9	0,0022	0,4277
7	2	0,0021	0,4203	70	9	0,0023	0,4709
8	2	0,0021	0,419	71	10	0,0023	0,456
9	2	0,0021	0,4084	72	10	0,0024	0,4754
10	2	0,0022	0,4343	73	10	0,0023	0,4607
61	8	0,0022	0,4556	74	10	0,0022	0,4324
62	8	0,0023	0,4759	75	10	0,0023	0,4473
63	8	0,0023	0,4627				

FONTE: O autor (2023).

TABELA 2 - RESULTADO GERAL DAS MÉDIAS (SAE E SOTR) DOS TESTES DE EFICIÊNCIA COM REÚSO DE ÁGUA.

TESTE	BAT.	SOTR (Kg.O <sub>2</sub> .h)	SAE (Kg.O <sub>2</sub> .kWh)	TESTE	BAT.	SOTR (Kg.O <sub>2</sub> .h)	SAE (Kg.O <sub>2</sub> .kWh)
11	3	0,0022	0,4236	36	5	0,0025	0,4891
12	3	0,0022	0,4420	37	5	0,0025	0,4968
13	3	0,0023	0,4520	38	5	0,0025	0,5046
14	3	0,0023	0,4577	39	5	0,0025	0,5092
15	3	0,0023	0,4637	40	5	0,0026	0,5130
16	3	0,0024	0,4696	41	6	0,0021	0,4237
17	3	0,0024	0,4701	42	6	0,0022	0,4355
18	3	0,0024	0,4770	43	6	0,0022	0,4390
19	3	0,0024	0,4875	44	6	0,0023	0,4485
20	3	0,0024	0,4819	45	6	0,0023	0,4583
21	4	0,0022	0,4408	46	6	0,0024	0,4691
22	4	0,0023	0,4609	47	6	0,0024	0,4755
23	4	0,0023	0,4654	48	6	0,0024	0,4870
24	4	0,0024	0,4750	49	6	0,0024	0,4855
25	4	0,0024	0,4723	50	6	0,0024	0,4768
26	4	0,0024	0,4721	51	7	0,0023	0,4430
27	4	0,0024	0,4822	52	7	0,0022	0,4396
28	4	0,0024	0,4864	53	7	0,0023	0,4622
29	4	0,0025	0,4940	54	7	0,0023	0,4732
30	4	0,0025	0,4941	55	7	0,0024	0,4803
31	5	0,0023	0,4641	56	7	0,0024	0,4788
32	5	0,0023	0,4648	57	7	0,0025	0,4873
33	5	0,0024	0,4725	58	7	0,0025	0,4822
34	5	0,0024	0,4792	59	7	0,0025	0,4978
35	5	0,0024	0,4825	60	7	0,0026	0,5063

FONTE: O autor (2023).

Os resultados das médias de SOTR e SAE para o tratamento sem reúso de água estão demonstrados nos gráficos 1 e 2.

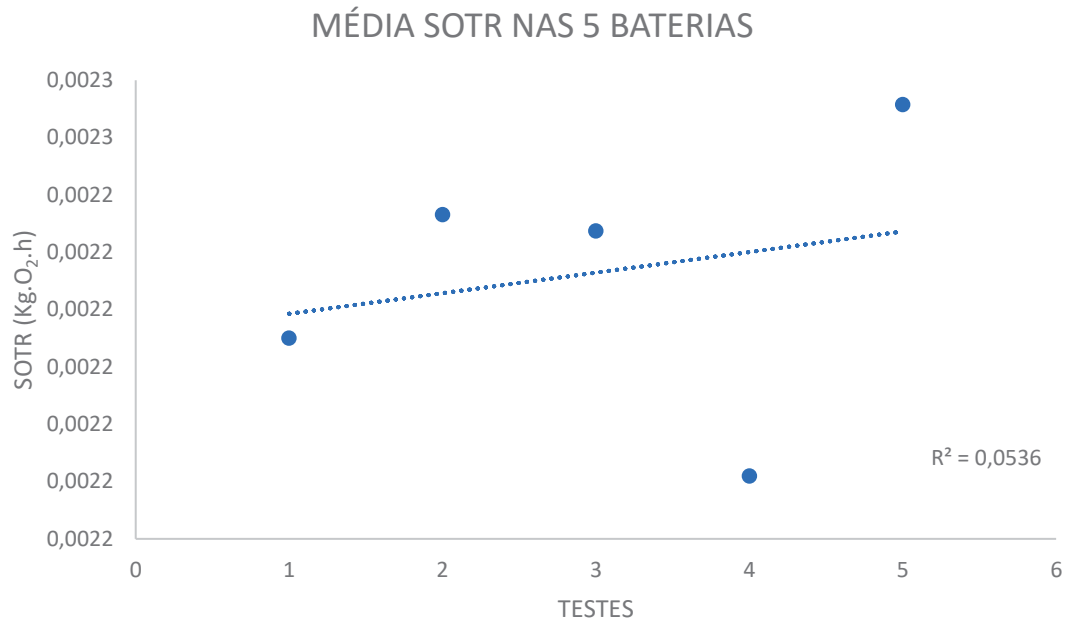


Gráfico 1 - Média dos valores de SOTR do tratamento sem reúso de água.

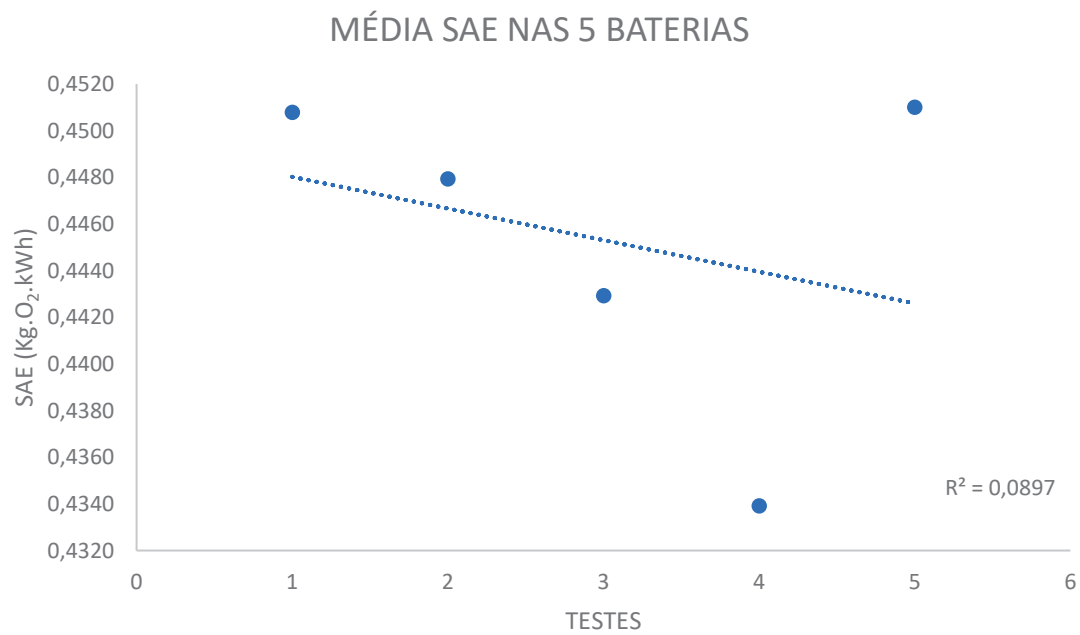


Gráfico 2 - Média dos valores de SAE do tratamento sem reúso de água.

Os resultados das médias de SOTR e SAE para o tratamento com reúso de água estão demonstrados nos gráficos 3 e 4.

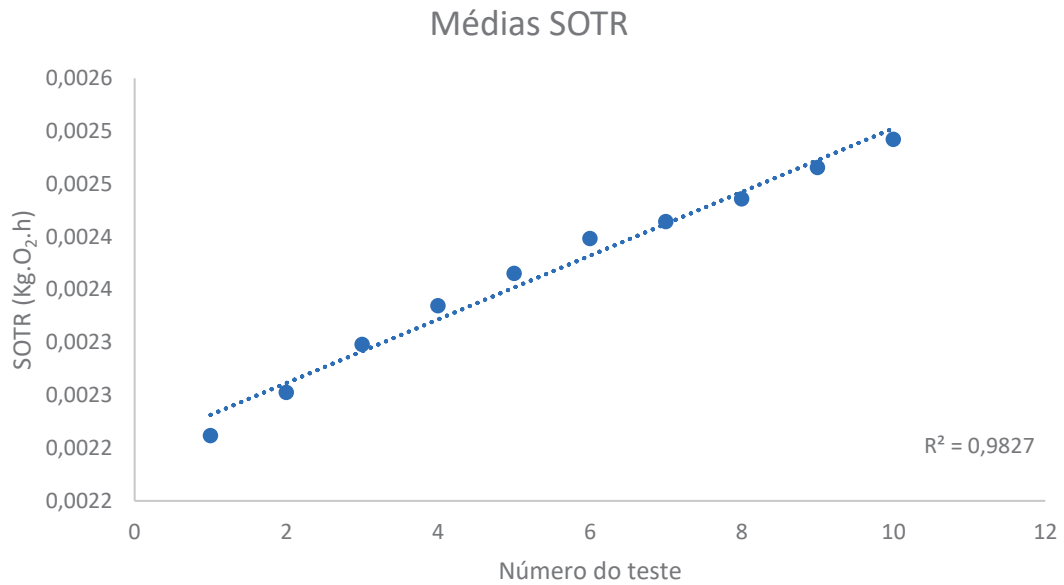


Gráfico 3 - Média dos valores de SOTR do tratamento com reúso de água.

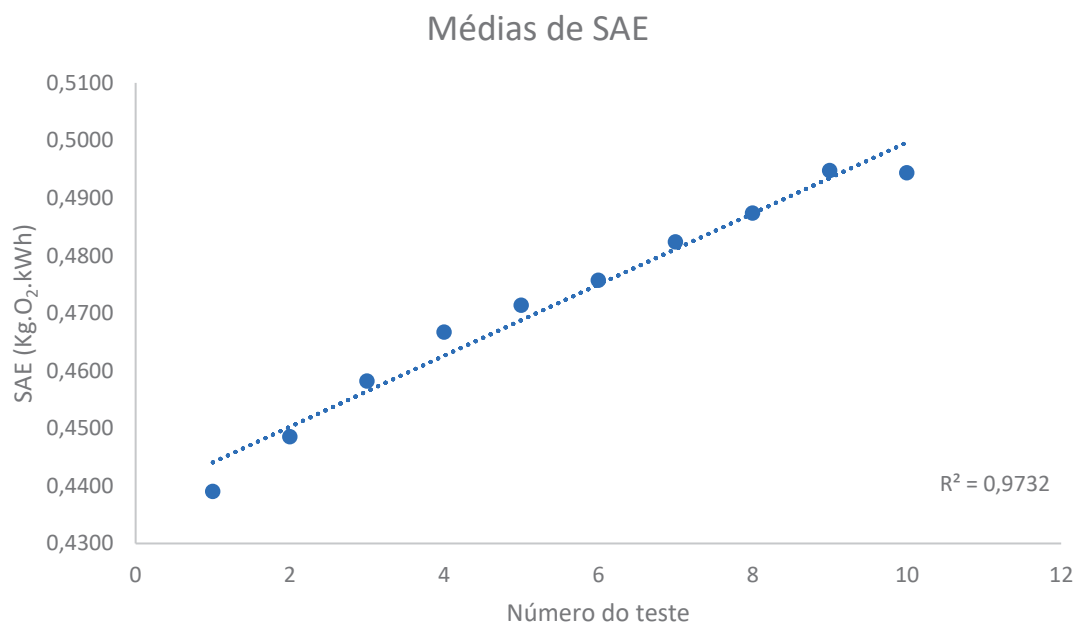


Gráfico 4 - Média dos valores de SAE do tratamento com reúso de água.

A tabela 3, demonstra as médias dos resultados de qualidade de água do tratamento com reúso de água (tabela 3).

TABELA 3 - MÉDIAS DOS RESULTADOS DE QUALIDADE DE ÁGUA DO TRATAMENTO COM REÚSO DE ÁGUA.

Teste	Condutividade (uS/cm)	Turbidez (NTU)	Salinidade (g/l)	Sólidos Totais (mg.L-1)
1	286,9	0,17	0,120	252
2	407,5	0,25	0,176	328
3	530,5	0,50	0,234	489
4	642,9	0,98	0,289	543
5	757,1	1,95	0,345	639
6	873,7	3,14	0,403	679
7	975,5	4,31	0,454	719
8	1092,6	5,62	0,514	907
9	1205,4	7,19	0,572	958
10	1325,4	8,71	0,634	1012

FONTE: O autor (2023).

Utilizando o software estatístico SAS 9.0, foi possível analisar o desvio padrão entre os testes de água com e sem reúso, onde se constatou por meio do teste de Tukey uma diferença significativa entre os testes ( $P < 0,05$ ).

Em seguida, foi realizada uma análise de regressão linear, onde se identificou uma alta evidência no aumento dos valores SOTR e SAE nos testes em água de reúso ao longo dos testes ( $P < 0,0001$ ).

Após gerar os desvios entre os tratamentos, foi possível criar os fatores de correção, por meio de equações de regressão com base nos desvios e, por meio destas é possível ajustar os resultados de SOTR (equação 1) e SAE (equação 2) obtidos com a metodologia original, proposta por Boyd e Tucker (1998) para um possível valor plausível, considerando alternativamente que fosse uma água de primeiro uso. As equações de ajuste de SOTR e SAE estão demonstradas nas equações 3 e 4 respectivamente.

$$SOTR = K_L a_{20} * C_s * V * 10^{-6} \quad (1)$$

Onde:

- SOTR: Taxa padrão de transferência de O<sub>2</sub> (kg.O<sub>2</sub>/h);
- K<sub>La20</sub>: Coeficiente de transferência de O<sub>2</sub> saturado a 20°C (h);
- C<sub>s</sub>: Concentração de O<sub>2</sub> a 20°C (mg/l);
- V: Volume do tanque (m<sup>3</sup>);
- 10<sup>-6</sup>: Fator de correção de miligrama para quilograma.

$$SAE = \frac{SOTR}{P} \quad (2)$$

Onde:

- SAE: Eficiência padrão do O<sub>2</sub> (kg.O<sub>2</sub>/kWh);
- SOTR: Taxa padrão de transferência de O<sub>2</sub> (kg.O<sub>2</sub>/h);
- P: Potência (kW).

$$SOTR_{cx} = SOTR + (0,00002638 - 0,00003063 * X) \quad (3)$$

Onde:

- SOTR<sub>cx</sub>: Taxa padrão de transferência de O<sub>2</sub> (kg.O<sub>2</sub>/h) corrigido;
- X: Número do teste.

$$SAE_{cx} = SAE + (0,00546 - 0,00605 * X) \quad (4)$$

Onde:

- SAE<sub>cx</sub>: Eficiência padrão do O<sub>2</sub> (kg.O<sub>2</sub>/kWh) corrigido;
- X: Número do teste.

Os gráficos 5 e 6 demonstram o resultado das médias de SOTR e SAE do tratamento com reúso de água com e sem a aplicação dos fatores de correção.

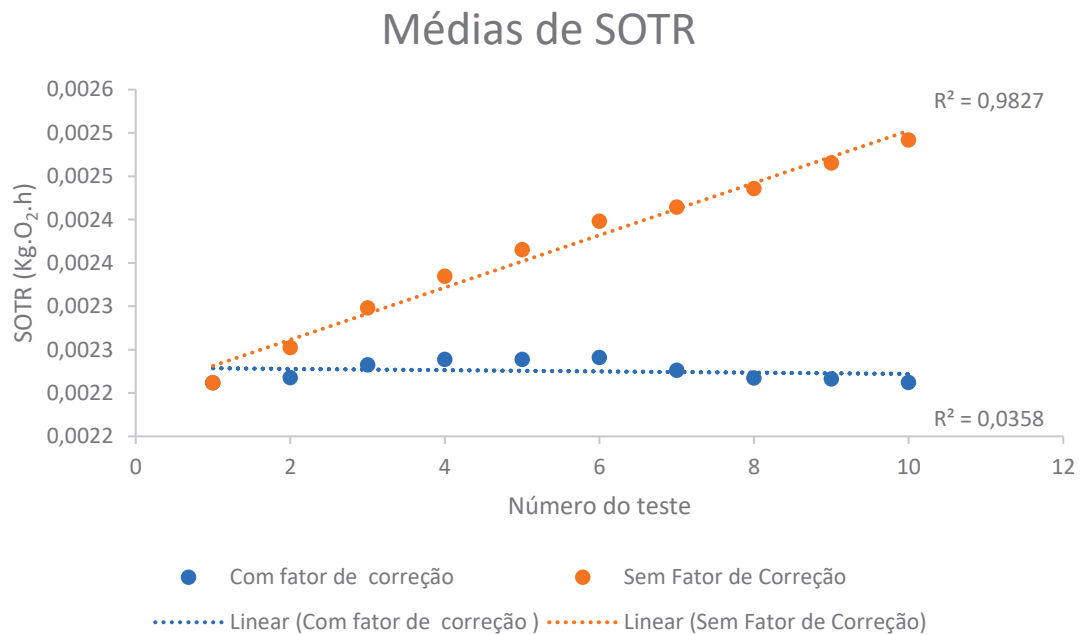


Gráfico 5 - Médias dos resultados de SAE do tratamento com reúso de água, com e sem a aplicação do fator de correção.

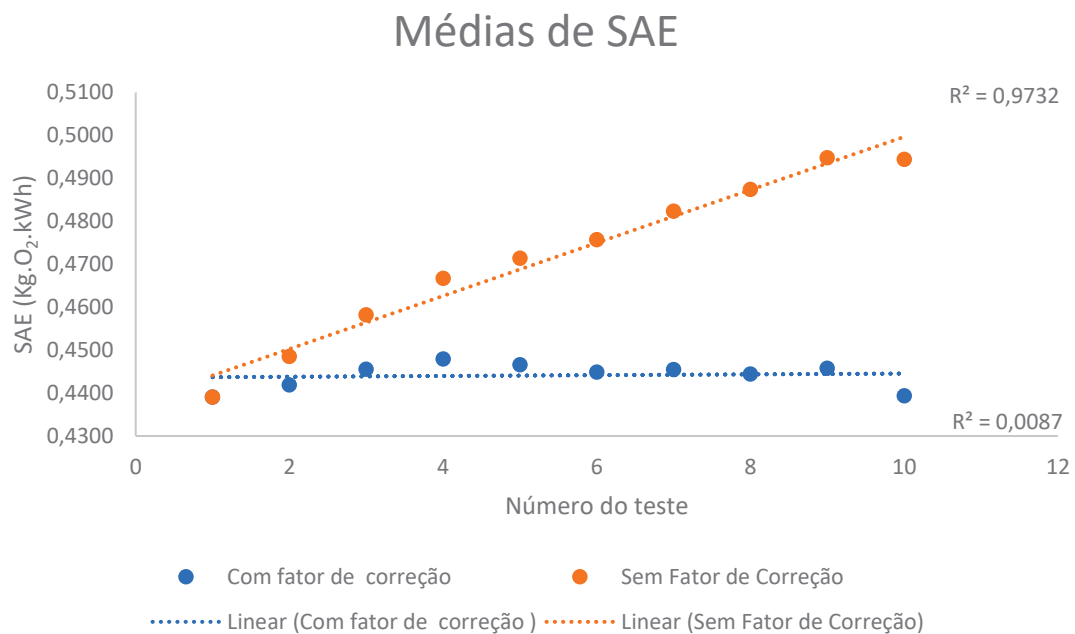


Gráfico 6 - Médias dos resultados de SOTR do tratamento com reúso de água, com e sem a aplicação do fator de correção.

## DISCUSSÃO

Analisando os gráficos apresentados, é possível observar que os resultados dos testes de eficiência do tratamento sem reúso de água são próximos e, não existe uma relação de crescimento exponencial ou linear nos resultados (SOTR e SAE), diferente do que ocorre quando analisamos o tratamento com reúso de água onde é possível observar uma tendência linear de crescimento nos resultados em relação ao teste anterior. A única exceção ocorreu no teste 10 (água reutilizada 9 vezes) para SAE, onde a diferença de resultados foi inferior ao teste anterior (água reutilizada 8 vezes). Este resultado não se assemelha ao resultado de SOTR onde ocorreu um crescimento percentual no resultado para todos os testes. Essa diferença de resultados pode ser explicada por uma incongruência nos dados de potência (coletados a cada 5 minutos), que podem não ter refletido a média real do teste. Contudo, este resultado indica que testes de aeração realizados com reúso de água apresentam médias no resultado de eficiência superiores em relação a testes realizados em água limpa.

Por meio desta análise, fica evidente que existe algum parâmetro de qualidade de água que afeta os resultados obtidos em testes com reúso de água. Os parâmetros de condutividade, turbidez e salinidade (obtido por meio de conversões dos valores de condutividade) tiveram um incremento de valor ao longo dos testes. Esses resultados já eram esperados, devido a adição de reagentes (sulfito de sódio anidro e cloreto de cobalto) em cada novo teste. De acordo com a tabela de solubilidade dos gases proposta por Boyd (1990), existe uma redução na solubilidade do oxigênio com o aumento da salinidade e temperatura, entretanto, o aumento da salinidade da água reduz o tamanho das partículas de ar geradas, o que aumenta a área de contato das partículas e, portanto, justificaria o aumento dos valores de eficiência obtidos. Neste sentido embora não se tenha certeza do real motivo do aumento nos resultados de eficiência obtidos ao longo dos testes com reúso de água, a utilização dos fatores de correção (SOTR<sub>cx</sub> e SAE<sub>cx</sub>) propostos se tornam imprescindíveis para testes de eficiência em água reutilizada.

## CONCLUSÃO

Por meio do trabalho em questão foi possível determinar que existe uma alteração nos resultados de SOTR e SAE em testes de eficiência de aeradores realizados em água de reúso, sendo, portanto, necessário ajustar os resultados obtidos por meio dos fatores de correção propostos (equações 1 e 2), sendo estes válidos para um número

máximo de 9 reutilizações de água. É importante ressaltar que os fatores de correção (SOTR<sub>cx</sub> e SAE<sub>cx</sub>) se aplicam apenas para os testes de eficiência realizados em água reutilizada, ou seja, não devem ser utilizadas para o primeiro teste de eficiência, pois este é realizado em água limpa.

Não foi possível identificar qual ou quais são os parâmetros de qualidade de água responsáveis pelo aumento nos resultados de SOTR e SAE, sendo sugerido que novos parâmetros sejam analisados em testes futuros.

O experimento em questão se mostrou efetivo para ajuste de testes de eficiência padrão com até 9 reutilizações de água, tornando a metodologia mais sustentável, entretanto, é possível que testes realizados em água reutilizada mais de 9 vezes também possam ser ajustados, sendo sugerido, portanto, que novos testes, com mais repetições sejam realizados.

## **AGRADECIMENTOS**

Aos laboratórios de engenharia para aquicultura e Química da UFPR por todos os auxílios prestados.

A Trevisan Equipamentos Agroindustriais por todas as oportunidades, e por terem disponibilizado prontamente todos os materiais e equipamentos necessários para a realização desse e de outros trabalhos.

## **REFERÊNCIAS**

**ANUÁRIO BRASILEIRO DA PISCICULTURA.** Pinheiros - Sp: Peixe Br, 2022.

ARANA, L. A. V. Aeração em Aquicultura: Parte 1. **Aquaculture Brasil**, Florianópolis, Sc, v. 6, n. 1 p.48-53, maio 2017. Bimestral.

BOYD, C. E.; TUCKER, C. S. **Pond aquaculture water quality management.** New York: Kluwer Academic Publishers, 1998. 700 p.

CANCINO, B. Design of high efficiency surface aerators. **Aquacultural Engineering**, [s.l.], v. 31, n. 1-2, p.99-115, ago. 2004a. Elsevier BV.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaeng.2004.03.003>. Disponível em:  
<<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0144860904000172>>. Acesso em: 12 fev. 2022.

CANCINO, B. Design of high efficiency surface aerators. **Aquacultural Engineering**, [s.l.], v. 31, n. 1-2, p.117-121, ago. 2004b. Elsevier BV.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaeng.2004.03.004>. Disponível em:  
<<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0144860904000184>>. Acesso em: 05 fev. 2022.

CANCINO, B; ROTH, P; REUß, M. Design of high efficiency surface aerators. **Aquacultural Engineering**, [s.l.], v. 31, n. 1-2, p.83-98, ago. 2004. Elsevier BV.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaeng.2004.03.002>. Disponível em:  
<<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0144860904000160>>. Acesso em: 12 fev. 2022.

EMBRAPA. **Produção de tilápia no Brasil cresce 223% em dez anos**. 2017. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/21621836/producao-de-tilapia-no-brasil-cresce-223-em-dez-anos>>. Acesso em: 12 fev. 2022.

FAO. **El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2018: Cumplir los objetivos de desarrollo sostenible**. Roma: FAO, 2018. 250 p. Disponível em:  
<<http://www.fao.org/3/i9540es/I9540ES.pdf>>. Acesso em: 05 fev. 2022.

FAO. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2022: Towards Blue Transformation**. Roma, FAO 2022. 266p. Disponível em: <<https://doi.org/10.4060/cc0461en>>. Acesso em: 27/10/2022

KUBITZA, F. **Manejo na produção de peixes: Parte 2 - O uso eficiente da aeração: fundamentos e aplicação**. Disponível em:  
<<http://www.panoramadaaquicultura.com.br/paginas/Revistas/109/ManejoKub109.asp>>. Acesso em: 12 fev. 2022.

LEKANG, O. **Aquaculture Engineering**. Drobakveien: Blackwell Publishing, 2007.

VAN HAANDEL, A; CATUNDA, P. F. C.; NEIVA, M. R.. Um método experimental para a determinação da eficiência de aeradores superficiais em sistemas de lodo ativado. **Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental**, Campina Grande - Pb, 17 out. 2016. Disponível em:  
<[https://www.researchgate.net/profile/Adianus\\_Haandel/publication/267371328\\_um\\_metodo\\_experimental\\_para\\_a\\_determinacao\\_da\\_eficiencia\\_de\\_aeradores\\_superficia](https://www.researchgate.net/profile/Adianus_Haandel/publication/267371328_um_metodo_experimental_para_a_determinacao_da_eficiencia_de_aeradores_superficia)>

is\_em\_sistemas\_de\_lodo\_ativado/links/5804c71208ae4884221a626f/um-metodo-experimental-para-a-determinacao-da-eficiencia-de-aeradores-superficiais-em-sistemas-de-lodo-ativado.pdf?origin=publication\_detail>. Acesso em: 12 fev. 2022.

VIDAL, V. S. (Org.). **Aquicultura no Brasil**: série estudos mercadológicos. Brasília, Df: Sebrae, 2015. 76 p. Disponível em:  
<[http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS\\_CHRONUS/bds/bds.nsf/4b14e85d5844cc99cb32040a4980779f/\\$File/5403.pdf](http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/4b14e85d5844cc99cb32040a4980779f/$File/5403.pdf)>. Acesso em: 05 fev. 2022.