

SIMULAÇÃO DA AUTODEPURAÇÃO NO RIO COXIPÓ (MT) PELO MODELO DE STREETER-PHELPS SOB LANÇAMENTO DE EFLUENTE TRATADO DE FRIGORÍFICO

Yasmin Mariana Zardo Magalhães – yasminmzmagalhaes@gmail.com
Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT
R. Quarenta e Nove, 2367 - Boa Esperança
78060-900 - Cuiabá - Mato Grosso

Rodney Ferreira Nunes Junior – rodneyjunior303@gmail.com
Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT

Heitor Nicolao de Siqueira – heitornicolao03@gmail.com
Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT

Giane Zuliano Godoi – giane_zuliano12@hotmail.com
Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT

Amanda Alcaide Francisco Fukumoto – amanda.fukumoto@ufmt.br
Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT

Resumo:

O presente estudo utilizou-se do modelo clássico de Streeter-Phelps para simular a curva de depleção e recuperação de oxigênio dissolvido (OD) no Rio Coxipó (Cuiabá-MT), considerando um cenário hipotético de lançamento de efluente tratado proveniente de um frigorífico. A pesquisa baseou-se no conjunto de dados de monitoramento coletados ao longo de um ano, abrangendo vazão, OD, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), temperatura e pluviometria, os quais foram organizados e processados em planilhas eletrônicas (Microsoft Excel). As simulações foram realizadas mês a mês, possibilitando estimar o ponto crítico de OD mínimo, a distância para recuperação e extensão de trechos em desconformidade com os limites estabelecidos para rios de Classe 2. Comparou-se dois cenários, diferenciando-se pela quantidade de abate diário e características do efluente gerado, resultando em cargas orgânicas distintas lançadas e, consequentemente, diferentes respostas do corpo receptor. Os resultados evidenciam forte influência sazonal: observando-se nos meses mais sensíveis, sobretudo entre agosto e outubro, maiores quedas de OD e maior extensão de trechos para recuperação, sendo setembro o mês mais crítico para ambos os cenários. No panorama anual, o cenário 1 apresentou ocorrências mais frequentes e severas de OD inferior a 5 e 4 mg/L, enquanto o cenário 2 demonstrou redução consistente tanto na intensidade quanto na extensão do déficit de OD. Conclui-se que o controle da carga orgânica lançada é determinante para minimizar impactos sobre o corpo receptor, sobretudo

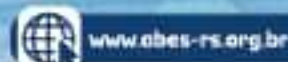
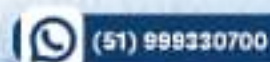
Realização



Correalizadores



Apoio Institucional



nos meses com menor capacidade de assimilação, evidenciando-se a necessidade de estratégias operacionais e de tratamento mais eficazes em períodos críticos.

Palavras-chave: *Qualidade da água, Modelagem ambiental, Oxigênio dissolvido, Carga orgânica, Efluente industrial.*

Simulation of Self-Purification in the Coxipó River (MT, Brazil) Using the Streeter–Phelps Model Under the Discharge of Treated Slaughterhouse Effluent

Abstract:

This study applied the classic Streeter-Phelps model to simulate the dissolved oxygen (DO) depletion and recovery curve in the Coxipó River (Cuiabá, MT), considering a hypothetical scenario of treated slaughterhouse effluent discharge. The research was based on a set of monitoring data collected over one year, encompassing streamflow, dissolved oxygen (DO), biochemical oxygen demand (BOD), water temperature, and rainfall, which were organized and processed using electronic spreadsheets (Microsoft Excel). Simulations were performed on a monthly basis, making it possible to estimate the critical point of minimum DO, the recovery distance, and the extent of river reaches not complying with the limits established for Class 2 rivers. Two scenarios were compared, differing in terms of daily slaughter rate and effluent generation characteristics, resulting in distinct organic loads discharged and, consequently, different responses from the receiving water body. The results show a strong seasonal influence: in the most sensitive months, particularly between August and October, larger DO drops and longer reaches required for recovery were observed, with September being the most critical month for both scenarios. In the annual overview, Scenario 1 showed more frequent and severe occurrences of DO below 5 and 4 mg/L, while Scenario 2 demonstrated a consistent reduction in both the intensity and extent of the DO deficit. It is concluded that controlling the organic load discharged is decisive for minimizing impacts on the receiving water body, especially during months of lower assimilative capacity, highlighting the need for more effective operational and treatment strategies during critical periods.

Keywords: *Water quality, Environmental modeling, Dissolved oxygen, Organic load, Industrial effluent.*

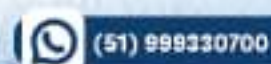
Realização



Apoio Institucional



Correalizadores



1. INTRODUÇÃO

A disponibilidade de água doce, em termos de quantidade e qualidade, configura-se como um desafio cada vez mais relevante em escala global, realidade da qual o Brasil não se isenta desta problemática. Estima-se que apenas 2,5% da água existente no planeta seja doce, sendo a restante salgada, no entanto, grande parcela desse percentual permanece de difícil acesso, pois, cerca de 69% encontram-se em geleiras, 30% em aquíferos subterrâneos, restando apenas uma porção de 1% disponível em rios e lagos (ANA, 2026). No Brasil, embora concentre cerca de 12% da água doce superficial do planeta, essa abundância não é suficiente para garantir a segurança hídrica para toda sua população, reforçando a necessidade para adoção de práticas do uso consciente e sustentável da água, especialmente diante os impactos crescentes da poluição hídrica.

A poluição dos corpos hídricos está diretamente associada ao crescimento populacional desordenado e à expansão das atividades econômicas, principalmente em áreas urbanas e industriais. O adensamento das cidades intensifica a demanda por saneamento básico e produção de bens de consumo, consequentemente há o aumento de efluente domésticos e industriais que, frequentemente, são despejados nos corpos hídricos sem o devido tratamento (WHO; UNICEF, 2021).

Nesse contexto, compreender os mecanismos de autodepuração torna-se essencial. Segundo Von Sperling (2014), a autodepuração é um fenômeno de sucessão ecológica no qual os ecossistemas aquáticos buscam, de forma natural, reestabelecer o equilíbrio rompido pela introdução de poluentes, por meio da combinação de fenômenos físicos, químicos e biológicos. Fisicamente, ocorre a diluição dos poluentes pela massa d'água, a sedimentação de partículas e a reaeração, sendo a entrada de oxigênio atmosférico na água. Quimicamente, ocorrem reações de oxidação e redução que transformam os poluentes. Biologicamente, microrganismos aeróbios desempenham papel crucial, consumindo o oxigênio para decompor a matéria orgânica, processo na qual é auxiliado pela fotossíntese de algas e macrófitas aquáticas.

Dessa forma, avaliar a capacidade de autodepuração em corpos hídricos urbanos é fundamental para que se compreenda as respostas dadas por esses sistemas às cargas orgânicas que recebem. Assim, o presente estudo propõe aplicar o modelo clássico de *Streeter-Phelps* para simular a curva de depleção de oxigênio dissolvido em um trecho do Rio Coxipó, em Cuiabá-MT. Este método, reconhecido como uma das principais ferramentas para análise da dinâmica de oxigênios em corpos hídricos, permitindo estimar a interação entre os processos de desoxigenação e reaeração a partir de dados reais de DBO, OD e vazão. Busca-se, portanto, representar o comportamento hídrico diante de um possível lançamento de efluente tratado de frigorífico, avaliando a capacidade natural de assimilar a carga orgânica recebida. Além disso, o uso de dados de um ano completo de monitoramento, possibilita analisar a influência da sazonalidade típica da região – marcada por períodos bem definidos de seca e chuva.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

Realização



Apoio Institucional



Correalizadores



(51) 999330700



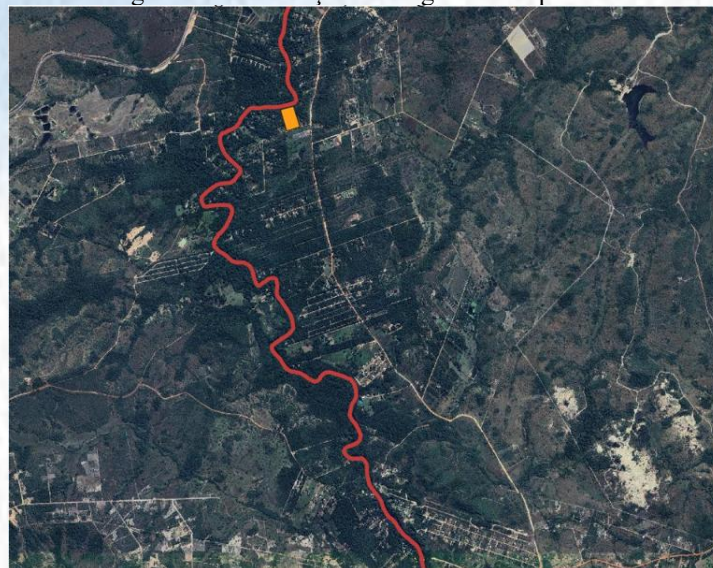
abes-rs@abes-rs.org.br



www.abes-rs.org.br

Para a aplicação do modelo de *Streeter- Phelps* foi considerado um ponto hipotético de lançamento de efluente tratado proveniente de um frigorífico fictício, localizado no trecho urbano do rio Coxipó (Figura 1).

Figura 1 - Localização do Frigorífico Hipotético



Fonte: Autores (2026)

A área de estudo está inserida na bacia hidrográfica do Rio Coxipó que apresenta uma área de drenagem de 694 km² e localiza-se no estado de Mato Grosso, abrangendo os municípios de Chapada dos Guimarães (Vale da Benção) e parte de Cuiabá. Suas nascentes situam-se no Planalto dos Guimarães e a foz ocorre na Depressão Cuiabana. Embora o Rio Coxipó possua cerca de 80 km de extensão, a distância a jusante foi estendida na simulação (até 300 km no Cenário 1) para verificar se o déficit de OD poderia persistir além do trecho principal, indicando potencial influência no corpo receptor.

2.2. Base de dados

Os dados utilizados neste estudo compreenderam informações referente aos principais parâmetros hidrológicos e de qualidade da água necessários para a estimativa dos coeficientes cinéticos de desoxigenação (K_1) e de reaeração (K_2) e para avaliação do comportamento do oxigênio dissolvido ao longo do trecho fluvial objeto de estudo.

Os parâmetros considerados na simulação matemática foram a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Oxigênio Dissolvido (OD), vazão média do corpo hídrico e temperatura da água durante o período de um ano (2024). Esses dados foram disponibilizados pelo Núcleo Interdisciplinar de Estudos

Realização



Apoio Institucional



Correalizadores



(51) 999330700



abes-rs@abes-rs.org.br



www.abes-rs.org.br

em Saneamento Ambiental (NIESA), vinculado ao Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental (DESA) da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT).

2.3. Definição dos cenários simulados

Para avaliação da recuperação do corpo hídrico sob diferentes pressões operacionais e ambientais, foram realizadas simulações considerando-se todos os meses do ano de 2024, conforme os Cenários 1 e 2 apresentados na Tabela 1. Tal abordagem permitiu avaliar as variações temporais do sistema ao longo do ano hidrológico, mantendo-se as condições de eficiência de tratamento da carga orgânica.

Tabela 1 - Cenários simulados

Cenário	Distância do trecho (km)	Parâmetros de produção	Eficiência da ETE (%)
Cenário 1	300	Abate = 2000 bois Consumo= 2 m ³ /unid Carga orgânica específica= 15 kgDBO	90
Cenário 2	100	Abate = 1000 bois Consumo= 3 m ³ /unid Carga orgânica específica= 15 kgDBO	90

Fonte: Autores (2026)

O Cenário 1 representou um frigorífico que abate 2000 bois por dia, consumo específico de 2 m³/unidade abatida, carga orgânica específica de 15 kg DBO/ unidade abatida e eficiência global de 90% no tratamento do efluente por meio de reator UASB combinado com lagoas anaeróbias-facultativa e lagoa de polimento para atingir o padrão final.

O Cenário 2 representou um frigorífico que abate 1000 bois por dia, consumo específico de 3 m³/unidade abatida, carga orgânica específica de 15 kg DBO/unidade e eficiência global de 90% no tratamento do efluente por meio de reator UASB combinado com lagoas anaeróbias-facultativa e lagoa de polimento para atingir o padrão final.

2.4. Aplicação do modelo de Streeter Phelps

Inicialmente, para a realização das simulações da capacidade de autodepuração do rio Coxipó, verificou-se que a temperatura média da água apresentou valores superiores à temperatura de referência de 20 °C, usualmente considerada no modelo de *Streeter-Phelps*. Dessa forma, procedeu-se a correção do coeficiente de desoxigenação (K_1) em função da temperatura, conforme a relação empírica proposta por Von Sperling (2014) na Equação (1):

$$K_{1T} = K_{120} \cdot \theta^{(T - 20)} \quad (1)$$

Onde K_{1T} é o coeficiente corrigido para a temperatura da água, $K_{1,20}$ corresponde ao coeficiente a 20 °C e $\theta=1,047$, corresponde ao incremento do valor de K_1 , que aumenta 4,7% a cada acréscimo de 1°C na temperatura da água. Essa mesma relação também pode ser utilizada para a determinação do coeficiente

Realização



Apoio Institucional



Correalizadores



(51) 999330700



abes-rs@abes-rs.org.br



www.abes-rs.org.br

de reaeração (K_2). Nesse caso, a diferença está no valor adotado para o coeficiente de correção da temperatura (θ), que para o coeficiente de reaeração assume, usualmente, o valor de 1,024.

O coeficiente de desoxigenação (K_1) representa a taxa de consumo de oxigênio dissolvido decorrente da degradação biológica da matéria orgânica, sendo influenciado pelas características da matéria orgânica, temperatura e presença de substâncias inibidoras. Neste estudo, adotaram-se os valores recomendados por Von Sperling (2014) para efluentes submetidos a tratamento secundário, compreendidos entre 0,12 e 0,24 d^{-1} a 20 °C, com posterior correção para a temperatura da água.

De acordo com Von Sperling (2014), o coeficiente de reaeração (K_2) está diretamente relacionado às características hidráulicas do corpo hídrico, sendo influenciado principalmente pela profundidade média (H) e pela velocidade média do escoamento (v). Para este trabalho, conforme os dados disponíveis e as características do trecho estudado, foi adotada a metodologia proposta por Connor e Dobbins (1958) para a estimativa do coeficiente K_2 , conforme Equação (2).

$$K_2 = 3,73 \cdot V^{0,5} \cdot H^{-1,5} \quad (2)$$

Onde v representa a velocidade média do escoamento (m s^{-1}) e H a profundidade média do curso d'água (m) na faixa de aplicação de $0,6\text{m} \leq H < 4,0\text{m}$.

Outro parâmetro essencial para a aplicação do modelo de *Streeter-Phelps* é a estimativa da vazão de esgoto industrial, pois a partir dela é possível determinar a carga orgânica lançada no corpo hídrico, expressa em termos de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO). Segundo Von Sperling (2014), o consumo de água para abater 1 boi em um matadouro está entre 0,5 – 3,0 m^3 /unid e sua carga de específica de DBO está entre 1-24 kg/unid. Diante dessas informações, foi possível calcular a carga de DBO produzida, a vazão do esgoto, e a concentração de DBO no esgoto.

A concentração de saturação de oxigênio dissolvido (C_s) corresponde ao valor máximo de oxigênio que pode estar dissolvido na água em equilíbrio com a atmosfera. Esse valor representa a condição limite de oxigenação do corpo hídrico e é utilizado como referência para a avaliação do déficit de oxigênio dissolvido ao longo do trecho fluvial analisado. Conforme Pöpel (1979), este parâmetro pode ser calculado conforme a Equação (3).

$$C_s = 14,652 - 4,1022 \cdot 10^{-1} \cdot T + 7,9910 \cdot 10^{-3} \cdot T^2 - 7,7774 \cdot 10^{-5} \cdot T^3 \quad (3)$$

A altitude pode influenciar na concentração de saturação de oxigênio dissolvido, uma vez que a pressão atmosférica diminui à medida que se eleva a altitude, reduzindo a capacidade da água em reter oxigênio. Esse fenômeno pode ser expresso a partir da Equação (4) de Qasim (1985):

$$FH = C_s'/C_s = (1 - \text{Altitude} / 9450) \quad (4)$$

Sendo o FH o fator de correção da concentração de saturação de OD pela altitude, C_s' a concentração de saturação na altitude H (mg/L) e a altitude dada em metros.

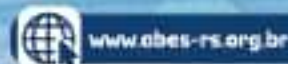
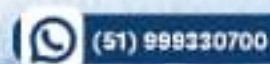
Realização



Apoio Institucional



Correalizadores



Por fim, torna-se necessária a estimativa das concentrações de demanda bioquímica de oxigênio em cinco dias (DBO_5) e de oxigênio dissolvido (OD) imediatamente após a mistura do esgoto com o corpo hídrico receptor, bem como o cálculo da demanda bioquímica última de oxigênio (L_0). Esses parâmetros iniciais são fundamentais para a aplicação do modelo de *Streeter-Phelps* e foram determinados conforme as relações propostas por Von Sperling (2014), conforme as Equações (5), (6), (7) e (8) apresentadas.

$$L_0 = (Q_r \cdot DBO_r + Q_e \cdot DBO_e) / (Q_r + Q_e) \quad (5)$$

$$C_0 = (Q_r \cdot ODr + Q_e \cdot ODe) / (Q_r + Q_e) \quad (6)$$

$$L_0' = DBO_5 \cdot K_T \quad (7)$$

$$K_T = DBO_U / DBO_5 = 1 / (1 - e^{-5 \cdot K_1}) \quad (8)$$

Em que L_0 corresponde à concentração de DBO_5 imediatamente após a mistura ($mg\ L^{-1}$), C_0 à concentração inicial de oxigênio dissolvido após a mistura ($mg\ L^{-1}$), Q_r e Q_e às vazões do rio e do efluente ($m^3\ s^{-1}$), respectivamente, DBO_r e DBO_e às concentrações de DBO_5 do rio e do efluente ($mg\ L^{-1}$), OD_r e OD_e às concentrações de oxigênio dissolvido do rio e do efluente ($mg\ L^{-1}$), L_0' à demanda bioquímica última de oxigênio após a mistura ($mg\ L^{-1}$) e K_T à constante de conversão da DBO_5 em DBO última.

A abordagem adotada fundamenta-se na solução analítica da equação diferencial que descreve o déficit de oxigênio $D(t)$, conforme proposta por Streeter e Phelps (1925), sendo expressa pela Equação (9).

$$D(t) = (k_1 \cdot L_0 / k_2 - k_1) \cdot (e^{-k_1} - e^{-k_2 \cdot t}) + D_0 \cdot e^{-k_2 \cdot t} \quad (9)$$

Em que K_1 corresponde ao coeficiente de desoxigenação à temperatura T (dia^{-1}); K_2 representa o coeficiente de reaeração à temperatura T (dia^{-1}); L_0 é a concentração de DBO_5 imediatamente após a mistura entre o efluente e o corpo hídrico (mg/L); T corresponde à temperatura do líquido ($^{\circ}C$); e t representa o tempo, expresso em dias.

A partir do cálculo do déficit de oxigênio, foi possível determinar a concentração de oxigênio dissolvido (OD) ao longo do tempo e da distância no trecho do rio, por meio da aplicação da Equação (10):

$$OD_{(T)} = C_s - D_{(T)} \quad (10)$$

Em que C_s corresponde à concentração de saturação de oxigênio dissolvido corrigida (mg/L); e $D(t)$ representa o déficit de oxigênio dissolvido no tempo t (mg/L).

A obtenção dos valores calculados pelas Equações 1 a 10, tornou possível a implementação do modelo matemático para a simulação da curva de depleção do OD e, conseqüentemente, a avaliação da capacidade de autodepuração do rio Coxipó frente à carga orgânica proveniente do lançamento do efluente industrial tratado pela estação de tratamento de esgoto (ETE) do frigorífico fictício.

2.5. Procedimento das simulações

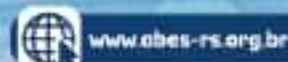
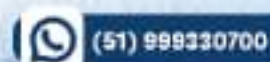
Realização



Correalizadores



Apoio Institucional



As simulações foram desenvolvidas em planilhas eletrônicas no Microsoft Excel®, considerando separadamente os doze meses do ano de 2024. Para cada mês e para cada cenário foi gerada a curva de depleção e recuperação do oxigênio dissolvido ao longo do trecho estudado.

A partir das curvas obtidas foram determinados: (i) a concentração mínima de oxigênio dissolvido; (ii) a distância correspondente ao ponto crítico; (iii) a extensão dos trechos com concentrações inferiores aos limites estabelecidos para rios Classe 2 pela resolução CONAMA nº 357/2005; e (iv) a distância necessária para a recuperação do corpo hídrico. Os resultados dos dois cenários foram comparados para avaliar a influência da sazonalidade e da carga orgânica lançada sobre a capacidade de autodepuração do Rio Coxipó.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. Estimativa dos parâmetros do modelo

Os parâmetros utilizados na aplicação do modelo de Streeter-Phelps foram obtidos a partir das características hidráulicas e da qualidade da água do Rio Coxipó durante o ano de 2024. Foram considerados valores de vazão, temperatura da água, velocidade média, profundidade, concentração de oxigênio dissolvido (OD) e demanda bioquímica de oxigênio (DBO), dentre os principais parâmetros considerados destacam-se os coeficientes desoxigenação (K_1) e reaeração (K_2), os quais foram estimados a partir dos dados obtidos por meio das medições disponíveis. A variação desses parâmetros ao longo do período analisado evidenciou a influência da sazonalidade sobre a capacidade de autodepuração do corpo hídrico, conforme os dados apresentados nas Tabela 2 e 3.

Tabela 2 – Valores dos parâmetros obtidos de janeiro a junho de 2024.

Parâmetros	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.
DBO (mg/L)	20	12	8	4	7	9
OD (mg/L)	6,45	6,1	6,35	6,13	6,74	6,83
Temperatura da Água (°C)	28	28,7	25,7	27,5	21,44	24,95
Vazões (m³/s)	3,697	4,188	4,188	7,747	4,076	4,073
Velocidade média (m/s)	0,379	0,410	0,410	0,650	0,410	0,451
Profundidade média (m)	0,696	0,729	0,729	0,851	0,710	0,646

Fonte: Autores (2026)

Tabela 3 – Valores dos parâmetros obtidos de julho a dezembro de 2024.

Parâmetros	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
DBO (mg/L)	10	5	5	8	6	7
OD (mg/L)	7,27	5,46	4,17	5,17	5,33	6,16
Temperatura da Água (°C)	23,55	26,1	29,27	31,03	30,81	30,02
Vazões (m³/s)	3,369	2,851	2,836	4,757	4,513	4,782
Velocidade média (m/s)	0,361	0,317	0,304	0,412	0,453	0,508
Profundidade média (m)	0,667	0,643	0,666	0,888	0,711	0,673

Fonte: Autores (2026)

Realização



Apoio Institucional



Correalizadores



(51) 999330700



abes-rs@abes-rs.org.br



www.abes-rs.org.br

3.2. Caracterização dos cenários simulados

Foram simulados dois cenários distintos de lançamento de efluente tratado. O Cenário 1 representou a condição de maior produção industrial, resultando em efluente com DBO aproximada de 7.500 mg/L após tratamento, vazão de 0,046 m³/s e DBO efluente de 750 mg/L. Já o Cenário 2 considerou redução da produção, produzindo efluente com DBO de aproximadamente 5.000 mg/L, vazão de 0,034 m³/s, DBO efluente de 500 mg/L. Em relação à concentração de oxigênio dissolvido no efluente (OD), adotou-se, para fins de simulação para ambos os cenários, o valor de 0 mg/L. Em ambos os casos foi adotada eficiência de remoção de 90% da estação de tratamento de esgoto do frigorífico, permitindo avaliar exclusivamente o efeito da redução da carga orgânica sobre a qualidade da água do rio.

Os dados utilizados nas simulações contemplaram as características hidráulicas e de qualidade da água do Rio Coxipó, incluindo vazão (Q), temperatura (T), velocidade média (v), profundidade (H), oxigênio dissolvido (OD) e demanda bioquímica de oxigênio (DBO), além das condições adotadas para os dois cenários de lançamento de efluente (K₁ e K₂). Em relação aos cenários simulados, a principal diferença consistiu na carga orgânica do efluente tratado, permitindo avaliar a influência da redução da DBO sobre o comportamento do oxigênio dissolvido ao longo do trecho estudado (Tabela 4).

Tabela 4 - Dados para a simulação.

Meses	Dados Gerais	Dados de Entrada (Rio)	Dados de entrada (Efluente) - Cenário 1 e 2
Janeiro	T = 28 °C Altitude = 165 m Eficiência = 90% Cs = 7,456 mg/L	Q = 3,697 m ³ /s OD = 6,45 mg/L DBO = 20 mg/L v = 0,379 m/s H = 0,696 m	K ₁ =0,26 d ⁻¹ K ₂ =4,78 d ⁻¹
Fevereiro	T = 28,7 °C Altitude = 165 m Eficiência = 90% Cs = 7,489 mg/L	Q = 4,188 m ³ /s OD = 6,10 mg/l DBO = 12 mg/l v = 0,410 m/s H = 0,729 m	K ₁ =0,27 d ⁻¹ K ₂ =4,72 d ⁻¹
Março	T = 25,7 °C Altitude = 165 m Eficiência = 90% Cs = 7,926 mg/L	Q = 4,188 m ³ /s OD = 6,35 mg/l DBO = 8 mg/l v = 0,410 m/s H = 0,729 m	K ₁ =0,23 d ⁻¹ K ₂ =4,39 d ⁻¹
Abril	T = 27,5 °C Altitude = 165 m Eficiência = 90% Cs = 7,661 mg/L	Q = 7,747 m ³ /s OD = 6,13 mg/L DBO = 4 mg/L v = 0,650 m/s H = 0,851 m	K ₁ =0,25 d ⁻¹ K ₂ =4,58 d ⁻¹
Maio	T = 21,44 °C Altitude = 165 m Eficiência = 90%	Q = 4,076 m ³ /s OD = 6,74 mg/L DBO = 7 mg/L	K ₁ =0,19 d ⁻¹ K ₂ =4,13 d ⁻¹

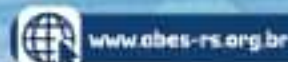
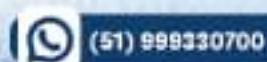
Realização



Apoio Institucional



Correalizadores



	Cs= 8,611 mg/L	v=0,410 m/s H= 0,710 m	
Junho	T= 24,95 °C Altitude= 165 m Eficiência= 90% Cs= 8,041 mg/L	Q=4,073 m³/s OD=6,83 mg/L DBO=9 mg/L v=0,451 m/s H=0,646 m	K ₁ =0,23 d ⁻¹ K ₂ =5,43 d ⁻¹
Julho	T= 23,55 °C Altitude= 165 m Eficiência= 90% Cs= 8,261 mg/L	Q=3,369 m³/s OD=7,27 mg/L DBO=10 mg/L v=0,361 m/s H=0,667 m	K ₁ =0,21 d ⁻¹ K ₂ =4,48 d ⁻¹
Agosto	T= 26,1 °C Altitude= 165 m Eficiência= 90% Cs= 7,866 mg/L	Q=2,851 m³/s OD=5,46 mg/L DBO=5 mg/L v=0,317 m/s H=0,643 m	K ₁ =0,24 d ⁻¹ K ₂ =4,71 d ⁻¹
Setembro	T= 29,27 °C Altitude= 165 m Eficiência= 90% Cs= 7,409	Q=2,836 m³/s OD=4,17 mg/L DBO=5 mg/L v=0,304 m/s H=0,666 m	K ₁ =0,28 d ⁻¹ K ₂ =4,71 d ⁻¹
Outubro	T= 31,03 °C Altitude= 165 m Eficiência= 90% Cs= 7,166 mg/L	Q=4,757 m³/s OD=5,17 mg/L DBO=8 mg/L v=0,412 m/s H= 0,888 m	K ₁ =0,30 d ⁻¹ K ₂ = 3,72 d ⁻¹
Novembro	T= 30,81 °C Altitude= 165 m Eficiência= 90% Cs= 7,196 mg/L	Q=4,513 m³/s OD=5,33 mg/L DBO=6 mg/L v=0,453 m/s H=0,711 m	K ₁ =0,30 d ⁻¹ K ₂ =5,41 d ⁻¹
Dezembro	T= 30,02 °C Altitude= 165 m Eficiência= 90% Cs= 7,305 mg/L	Q=4,782 m³/s OD=6,16 mg/L DBO=7 mg/L v=0,508 m/s H=0,673 m	K ₁ =0,29 d ⁻¹ K ₂ =6,11 d ⁻¹

Fonte: Autores (2026).

Os dados pluviométricos obtidos junto à estação automática A901 (INMET), apresentados na Figura 2, confirmam a acentuada sazonalidade da região. Observa-se que a estação seca se estende de maio a setembro, com índices críticos entre julho e setembro, período no qual a baixa umidade relativa do ar é predominante. Essa escassez de precipitação reflete-se diretamente na redução do volume de água do Rio Coxipó, o que compromete sua capacidade de autodepuração e torna o ecossistema mais vulnerável à carga orgânica remanescente, devido ao menor potencial de diluição do corpo hídrico.

Realização



Apoio Institucional



Correalizadores

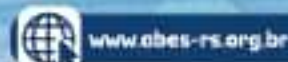
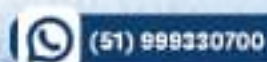
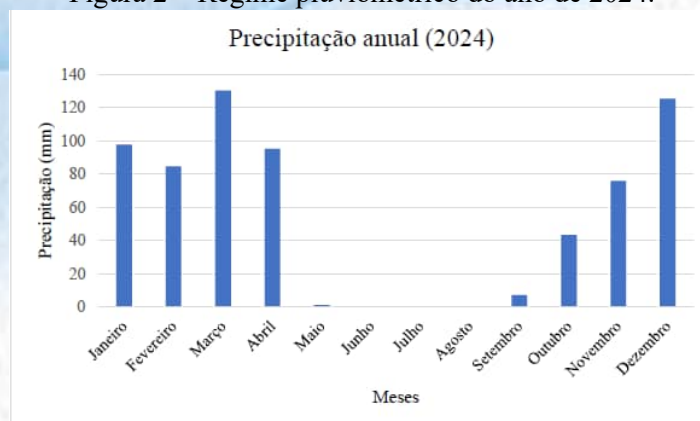


Figura 2 – Regime pluviométrico do ano de 2024.



Fonte: Autor (2026)

3.3. Análise Comparativa dos Cenários Simulados

As simulações realizadas por meio do modelo de Streeter-Phelps permitiram avaliar o comportamento do oxigênio dissolvido (OD) no Rio Coxipó frente a diferentes condições hidrológicas e cenários de lançamento de efluentes tratados, como pode ser observado nas Figuras 3 e 4.

Durante o período chuvoso, compreendido principalmente entre janeiro e abril, verificou-se maior capacidade de assimilação da carga orgânica em função das vazões mais elevadas. Nesse período, observou-se redução progressiva do déficit de oxigênio dissolvido, culminando em abril, quando ambos os cenários atenderam ao limite mínimo de 5 mg/L estabelecido para corpos hídricos de Classe 2. A elevada vazão (7,747 m³/s) registrada nesse mês favoreceu os processos naturais de diluição e reaeração, reduzindo significativamente os impactos decorrentes do lançamento do efluente.

Entretanto, a partir de maio iniciou-se uma transição para condições hidrológicas menos favoráveis, caracterizada pela redução da precipitação e diminuição da vazão do rio. Como consequência, verificou-se aumento gradual da sensibilidade do corpo hídrico ao lançamento de matéria orgânica, principalmente no Cenário 1, que voltou a apresentar trechos com concentrações de OD inferiores ao limite de enquadramento. Embora os déficits ainda fossem moderados nesse período, os resultados indicaram o início da perda da capacidade de autodepuração do rio.

Realização



Correalizadores



Apoio Institucional

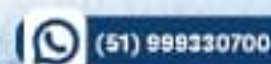
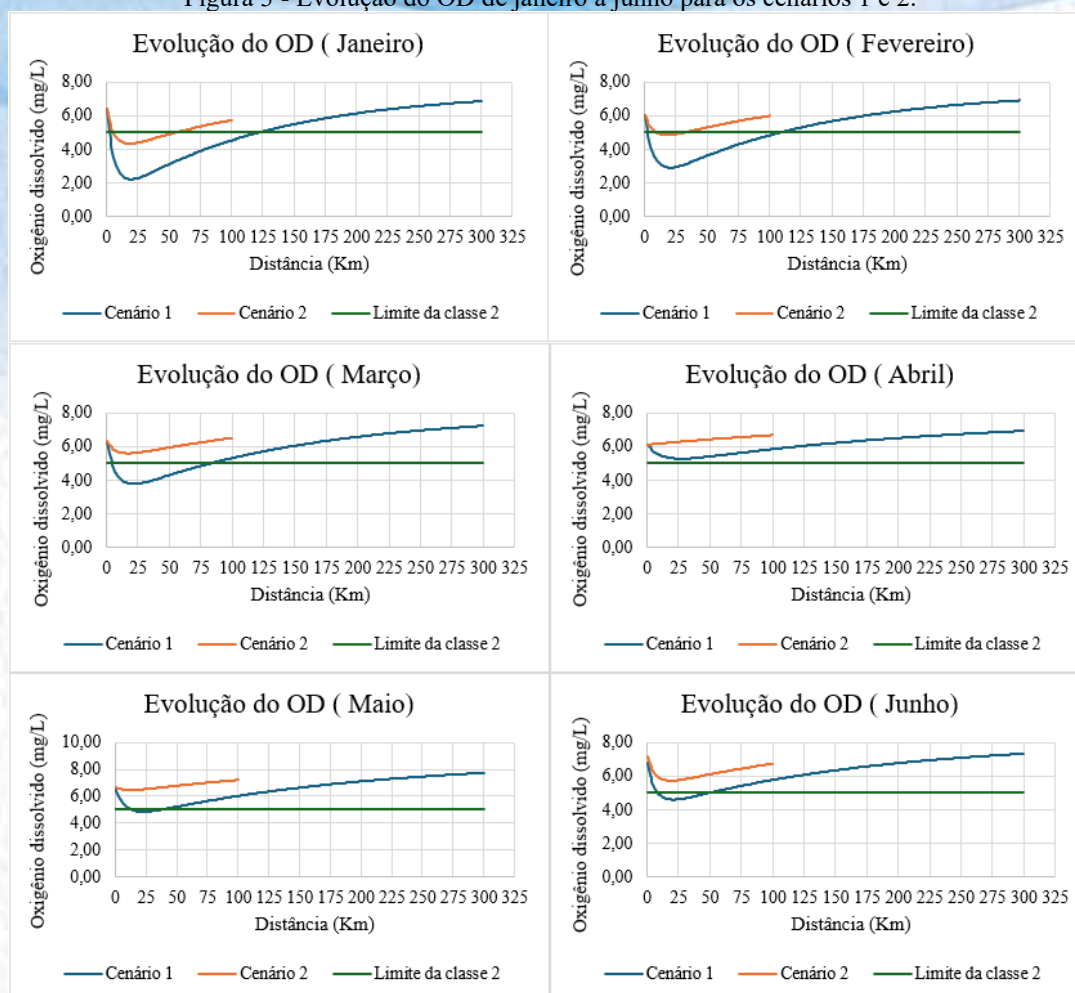


Figura 3 - Evolução do OD de janeiro a junho para os cenários 1 e 2.



Fonte: Autores (2026)

Nos meses de junho e julho, correspondentes ao avanço da estação seca, essa tendência tornou-se mais evidente. A ausência de precipitação e a redução contínua da vazão favoreceram a ampliação dos trechos críticos no Cenário 1, enquanto o Cenário 2 manteve concentrações de oxigênio dissolvido acima do limite estabelecido. Esses resultados demonstram que a diminuição da carga orgânica contribui significativamente para reduzir a extensão das áreas impactadas, aumentando a resiliência do corpo hídrico, mesmo sob condições hidrológicas desfavoráveis.

Realização



Apoio Institucional



REBOB

Correalizadores



(51) 999330700

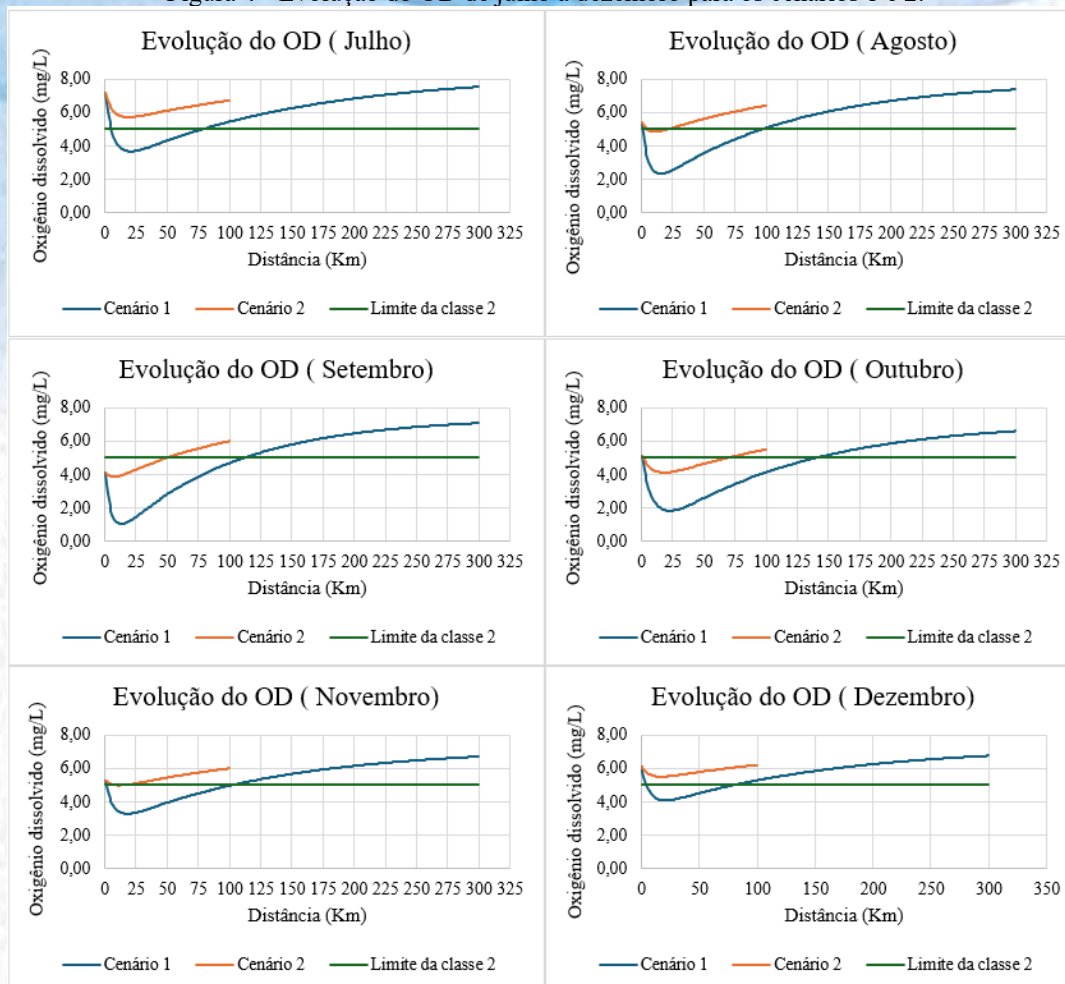


abes-rs@abes-rs.org.br



www.abes-rs.org.br

Figura 4 - Evolução do OD de julho a dezembro para os cenários 1 e 2.



Fonte: Autores (2026)

O período mais crítico foi observado entre agosto e setembro, quando ocorreram as menores vazões e os menores índices pluviométricos do ano. Nessas condições, a capacidade de diluição do Rio Coxipó foi significativamente reduzida, ocasionando os menores valores de oxigênio dissolvido e a maior extensão de trechos em desconformidade. No Cenário 1, registraram-se déficits severos de OD, indicando elevado comprometimento da qualidade da água. Embora o Cenário 2 tenha apresentado desempenho superior, observou-se que, mesmo com a redução da carga orgânica, passaram a ocorrer pequenos trechos abaixo do limite de 5 mg/L, evidenciando que, em condições hidrológicas extremas, apenas a redução da carga lançada pode não ser suficiente para garantir integralmente o enquadramento do corpo hídrico.

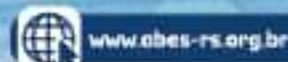
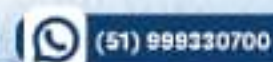
Realização



Apoio Institucional



Correalizadores



De forma geral, a comparação entre os dois cenários demonstrou que a redução da carga orgânica promoveu melhorias expressivas na qualidade da água ao longo de todo o período analisado. Em praticamente todos os meses, o Cenário 2 apresentou maiores concentrações mínimas de oxigênio dissolvido, menor extensão dos trechos críticos e recuperação mais rápida após o lançamento do efluente. Esses resultados confirmam que o controle da carga orgânica constitui uma das principais estratégias para preservar a capacidade de autodepuração dos corpos hídricos, especialmente durante períodos de estiagem.

Os resultados obtidos corroboram o comportamento previsto pelo modelo de *Streeter-Phelps*, segundo o qual a recuperação do oxigênio dissolvido depende do equilíbrio entre os processos de desoxigenação da matéria orgânica e de reaeração atmosférica. Dessa forma, a eficiência da autodepuração mostrou-se diretamente condicionada às características hidráulicas.

3.4. Implicações para a Gestão e Operação do Lançamento de Efluentes

Considerando que os episódios mais severos se concentram no auge da estiagem, torna-se recomendável que a operação do lançamento seja conduzida com base em um planejamento sazonal, e não apenas por uma rotina fixa ao longo do ano. Na prática, isso envolve definir estratégias operacionais vinculadas às condições do rio, levando em consideração suas vazões e oxigênio dissolvido a montante do lançamento, para que sejam acionadas medidas de restrição de carga e consequentemente diminuição da operação quanto aos abates diários. Tais estratégias reforçam o monitoramento do tratamento e das condições do corpo receptor do efluente. Ademais, medidas de contingência, como uma maior capacidade de armazenamento para evitar descargas em horários de pico, ajudam a reduzir o risco quando a capacidade de assimilação do corpo hídrico é menor.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O modelo de *Streeter-Phelps* mostrou-se adequado para simular a dinâmica de autodepuração do Rio Coxipó sob o lançamento de efluente tratado de frigorífico hipotético, permitindo identificar a variação espacial do oxigênio dissolvido, o ponto crítico de depleção, a distância necessária para recuperação do corpo hídrico e a extensão de trechos em desconformidade com os limites de enquadramento.

Os resultados evidenciaram a influência da sazonalidade hidrológica sobre a capacidade de autodepuração do rio. Durante o período seco, caracterizado por menores vazões e redução da incidência de precipitações, observou-se a diminuição da diluição e a assimilação da carga orgânica, resultando em quedas mais acentuadas de OD e em maiores extensões de trechos com OD abaixo de 5 mg/L, com destaque para setembro e outubro como os meses mais críticos. Em contrapartida, nos meses com maior vazão (período chuvoso), identificou-se a recuperação mais rápida do OD e, em alguns casos, ausência de trechos fora do limite para rios Classe 2.

A comparação entre os cenários demonstrou que a redução da carga orgânica lançada promoveu melhoria na qualidade da água, elevando as concentrações mínimas de oxigênio dissolvido e reduzindo

Realização



Apoio Institucional



Correalizadores



(51) 999330700



abes-rs@abes-rs.org.br



www.abes-rs.org.br

a extensão dos trechos críticos. Entretanto, mesmo no cenário de menor porte, foram observados episódios de desconformidade nos meses sob condições hidrológicas desfavoráveis.

No Cenário 1, verificou-se que a recuperação do OD ocorre apenas após aproximadamente 80 km a jusante, praticamente coincidindo com a extensão total simulada, o que indica que, nas condições avaliadas, o Rio Coxipó não suporta essa carga sem comprometer o enquadramento ao longo do próprio curso. Assim, torna-se relevante considerar a possível propagação dos impactos para o corpo hídrico receptor, recomendando-se o monitoramento do trecho de confluência e do rio a jusante, especialmente nos meses de estiagem.

5. REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Água no mundo**. Brasília, DF: ANA, [2026]. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/cooperacao-internacional/agua-no-mundo>. Acesso em: 19 jun. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil**: relatório pleno 2021. Brasília: ANA, 2021. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos>.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (Brasil). **Portal SNIRH**: Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos. Brasília, DF: ANA, 2024. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/>.

ALVARES, C. A. et al. **Köppen's climate classification map for Brazil**. Meteorologische Zeitschrift, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711-728, dez. 2013.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 18 mar. 2005.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 16 maio 2011.

BRASIL. Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). **Tabela de Dados das Estações**. Brasília, DF: INMET, [s.d.]. Disponível em: <https://tempo.inmet.gov.br/TabelaEstacoes/>.

CUIABÁ. Prefeitura Municipal. **Diagnóstico ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Coxipó**. Cuiabá: Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Desenvolvimento Urbano, 2020. Disponível em: <https://www.cuiaba.mt.gov.br>.

LIMA, Z. M. de; FIGUEIREDO, D. de M. **Qualidade da água do rio Coxipó, Cuiabá-MT**. Revista de Gestão de Água da América Latina, Porto Alegre, v. 11, n. 1, p. 5-17, jun. 2014

Realização



Apoio Institucional



Correalizadores



(51) 999330700



abes-rs@abes-rs.org.br



www.abes-rs.org.br

RODRIGUEZ, J. M. M. **Indicadores de qualidade e quantidade de água.** In: TUNDISI, J. G. (Org.). *Água no século XXI: enfrentando a escassez*. São Carlos: Rima, 2001. p. 125-140.

SEMA-MT – SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE DE MATO GROSSO. **Monitoramento da qualidade da água superficial em Mato Grosso.** Cuiabá: SEMA-MT, 2022. Disponível em: <https://www.sema.mt.gov.br/monitoramento-da-qualidade-da-agua>.

SEMA-MT – SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE DE MATO GROSSO. **Plano de Recursos Hídricos da Região Hidrográfica do Paraguai.** Cuiabá: SEMA-MT, 2019. Disponível em: <https://www.sema.mt.gov.br/-/plano-de-recursos-hidricos>.

SILVA, J. A.; SANTOS, R. M.; OLIVEIRA, L. H. **Descrição da área de estudo da Bacia Hidrográfica do Rio Coxipó, Cuiabá – MT.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS (SBRH), 25., 2023, Aracaju. *Anais eletrônicos [...]*. Porto Alegre: ABRHidro, 2023. Disponível em: <https://files.abrhidro.org.br/Eventos/Trabalhos/191/XXV-SBRH0003-1-20230228-083441.pdf>.

SPERLING, Marcos Von. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** 4. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG, 2014. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, v. 1).

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO); UNICEF. **Progress on drinking water, sanitation and hygiene: 2021 update.** Geneva: WHO, 2021. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240030848>.

Realização



Apoio Institucional



Correalizadores



(51) 999330700



abes-rs@abes-rs.org.br



www.abes-rs.org.br