

ESTUDO DOS PROCESSOS DE ESTRATIFICAÇÃO EM GRANDES RESERVATÓRIOS DA BACIA DO RIO IGUAÇU

Tânia Lúcia Graf de Miranda¹, Nicole Machuca Brassac², Ellen Christine Prestes³, Ingrid Illich Müller⁴ & Paulo Sérgio Pereira⁵

RESUMO --- As características morfométricas são importantes indicativos das condições limnológicas dos reservatórios artificiais. Nos projetos de aproveitamentos hidrelétricos são aplicados alguns índices morfométricos para prever a possibilidade futura de estratificação do reservatório que pode contribuir para o processo de eutrofização. Após a implantação dos reservatórios para geração de energia hidrelétrica, inicia-se o monitoramento sistemático de variáveis limnológicas para que sejam mantidas as condições do meio ambiente aquático e para usos múltiplos da água. No estado do Paraná existem inúmeros reservatórios cujo monitoramento está em curso e também existem novos projetos em implantação onde há necessidade do conhecimento prévio do comportamento limnológico do reservatório em termos de risco de estratificação e eutrofização. Este trabalho mostra um estudo comparativo da possibilidade de estratificação de um reservatório através do emprego da equação para determinação do número de Froude densimétrico, que leva em consideração as características morfométricas do reservatório e valores de tempo de permanência, com os resultados obtidos em campo a partir da determinação dos perfis de oxigênio e temperatura. A comparação permitiu verificar que em alguns reservatórios o número de Froude densimétrico reproduz a mesma tendência de estratificação constatada nos resultados do monitoramento.

ABSTRACT --- The morphometric characteristics are important indicative of the limnological conditions of artificial reservoirs. Power Plants project apply morphometrics parameters to predict the possibility of future reservoir stratification, which can contribute for the eutrophication process. After the establishment of the reservoirs for hydroelectric power generation, the monitoring of limnological parameters is initiated to secure a good condition of the water quality and for the maintenance the multiple uses of water. In the state of Paraná innumerable reservoirs exist whose monitoring is in course and there are also new projects in development where there is need for prior knowledge of the reservoir limnological behavior in terms of risk stratification and eutrophication. This work shows a comparative study of the methodology for calculating the possibility of stratification of a reservoir through the use of the equation for determining Froude's Densimetric Number, which takes into account the morphometric characteristics of the reservoir and residence time, in comparison to the results collected in the field from the determination of the oxygen and temperature profiles. The comparison showed that in some reservoirs Froude's densimetric number reproduces the same trend of stratification found in the results from field monitoring.

Palavras-chave: Estratificação, temperatura, oxigênio.

1) Pesquisadora do LACTEC CEHPAR – C. P. 1309, CEP 80011-970, Curitiba – PR. Fone: (0xx41)3361-6306. E-mail: tania.miranda@lactec.org.br

2) Pesquisadora do LACTEC CEHPAR – C. P. 1309, CEP 80011-970, Curitiba – PR. Fone: (0xx41)3361-6306. E-mail: n.brassac@lactec.org.br

3) Pesquisadora do LACTEC CEHPAR – C. P. 1309, CEP 80011-970, Curitiba – PR. Fone: (0xx41)3361-6306. E-mail: ellen.prestes@lactec.org.br

4) Pesquisadora do LACTEC CEHPAR – C. P. 1309, CEP 80011-970, Curitiba, PR. Fone: (0xx41) 3361-6306. E-mail: ingrid@lactec.org.br

5) Engenheiro Civil da COPEL, Rua José Izidoro Biazetto, 158, CEP 81200-240, Curitiba, PR, Email: paulo.pereira@copel.com

1 - INTRODUÇÃO

Os padrões de estratificação da coluna d'água são muito variáveis, mesmo em ecossistemas localizados numa mesma região, porque além dos fatores climáticos, outros inerentes ao próprio ecossistema como, por exemplo, a sua morfometria, têm importante papel (Esteves, 1998).

Represas apresentam características muito diferentes de lagos e interferem nas bacias hidrográficas e nos ciclos hidrológicos. Também uma diferença fundamental entre lagos e represas ocorre na hidrodinâmica do sistema (Tundisi & Tundisi, 2008).

Desde o final da primavera e até ao início do outono, embora variável de represa para represa, existe uma estratificação entre as camadas superficiais mais quentes e oxigenadas (epilímnio) e as camadas mais profundas, escuras e mais frias (hipolímnio) (Sacadura, 2003).

O estudo de processos de estratificação térmica em reservatórios é de grande relevância para o entendimento da dinâmica do ecossistema, uma vez que a estratificação e desestratificação térmica são acompanhadas por uma série de outras alterações físicas e químicas da água. Destaca-se a distribuição vertical de gases dissolvidos na água, entre eles o oxigênio, a distribuição vertical de nutrientes e modificações na distribuição de organismos do plâncton. A presença de gases em concentrações mais elevadas no hipolímnio é outra consequência importante da estratificação. A temperatura influencia diretamente o comportamento do oxigênio na coluna de água. A distribuição vertical de oxigênio em lagos tem também muita importância em relação aos processos químicos de precipitação, redissolução e aos ciclos biogeoquímicos de elementos (Tundisi & Tundisi, 2008).

No estado do Paraná existem inúmeros reservatórios hidrelétricos cujo monitoramento está em curso e também existem novos projetos em processo de implantação onde existe a necessidade do conhecimento prévio do comportamento limnológico do reservatório em termos de probabilidade de estratificação e risco de eutrofização.

Este trabalho apresenta um estudo comparativo do cálculo da possibilidade de estratificação de um reservatório através do emprego da equação para determinação do número de Froude densimétrico, que leva em consideração as características morfométricas do reservatório, conjugado com os valores de tempo de permanência e os resultados obtidos em campo a partir da determinação dos perfis de oxigênio e temperatura. Foram analisados os reservatórios das Usinas Hidrelétricas de Derivação do Jordão, Governador Bento Munhoz da Rocha Neto (Foz do Areia), Governador Ney Aminthas de Barros Braga (Segredo) e Governador José Richa (Salto Caxias), localizadas no estado do Paraná, bacia do rio Iguaçu.

2 - MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de Estudo

O estudo analisou quatro reservatórios de Usinas Hidrelétricas do estado do Paraná, localizados na bacia do rio Iguaçu, tendo como foco principal a estrutura térmica e a distribuição do oxigênio dissolvido na coluna de água dos reservatórios. Foram selecionados reservatórios com profundidades e características morfométricas diferentes, cuja localização está ilustrada na Figura 1.

A UHE Derivação do rio Jordão localiza-se no trecho inferior do rio Jordão, um dos principais afluentes da margem direita do rio Iguaçu, a 5 km da foz deste rio, entre os municípios de Reserva do Iguaçu e Foz do Jordão. Este aproveitamento hidrelétrico é integrante do complexo da UHE Segredo, localizado no rio Iguaçu, o qual passou a reverter parte das águas do rio Jordão para este último reservatório, a partir de abril de 1996, através de um túnel de 4.775 m (COPEL, 1996).

O reservatório de Foz do Areia, UHE Governador Bento Munhoz da Rocha Neto, é formado pelo barramento do rio Iguaçu, entre os municípios de Pinhão, Cruz Machado, Bituruna, Porto Vitória e União da Vitória.

O reservatório de Segredo, UHE Ney Aminthas de Barros Braga, localiza-se no sudoeste do estado do Paraná e é formado pelo barramento do rio Iguaçu, entre os municípios de Mangueirinha e Reserva do Iguaçu, Pinhão, Coronel Domingos Soares, Bituruna e Foz do Jordão.

O reservatório de Caxias, UHE Salto Caxias, localiza-se no sudoeste do estado do Paraná e é formado pelo barramento do rio Iguaçu, entre os municípios de Capitão Leônidas Marques, Quedas do Iguaçu, São Jorge do Oeste, Cruzeiro do Iguaçu, Boa Esperança do Iguaçu, Nova Prata do Iguaçu, Três Barras do Paraná e Boa Vista da Aparecida.

Na Tabela 1 são apresentados os dados hidráulicos e operativos dos reservatórios analisados.

Tabela 1 – Informações sobre dados hidráulicos e operativos gerais dos reservatórios

Reservatório	Altitude próx. à barragem (m)	Vazão* (m ³ /s)	Volume (hm ³)	Área inundação (km ²)	Comprimento (km)	Z _{MÉD} (m)	Z _{MÁX} (m)
Foz do Areia	650	645,35	5.779,00	139,0	82,18	41,6	160,0
Jordão	611	125,52	109,92	3,4	9,60	32,8	67,0
Segredo	600	744,31	2.943,30	80,4	76,75	36,6	130,0
Caxias	328	1.327,96	3.572,76	141,4	92,65	25,3	61,0

*Vazão média de longo período de 1931-2007 (Dados obtidos junto a COPEL/DGT/SPO/DRHI)

Em todos os reservatórios estudados foram analisados dados coletados trimestralmente, em estações de amostragem localizadas nas proximidades do *log boom*, a montante da barragem (cerca de 500 m). Estes dados fazem parte do automonitoramento da qualidade da água dos reservatórios,

realizado pela COPEL e LACTEC, desde 2003. No presente estudo, foram analisados dados de 2006 a 2008.

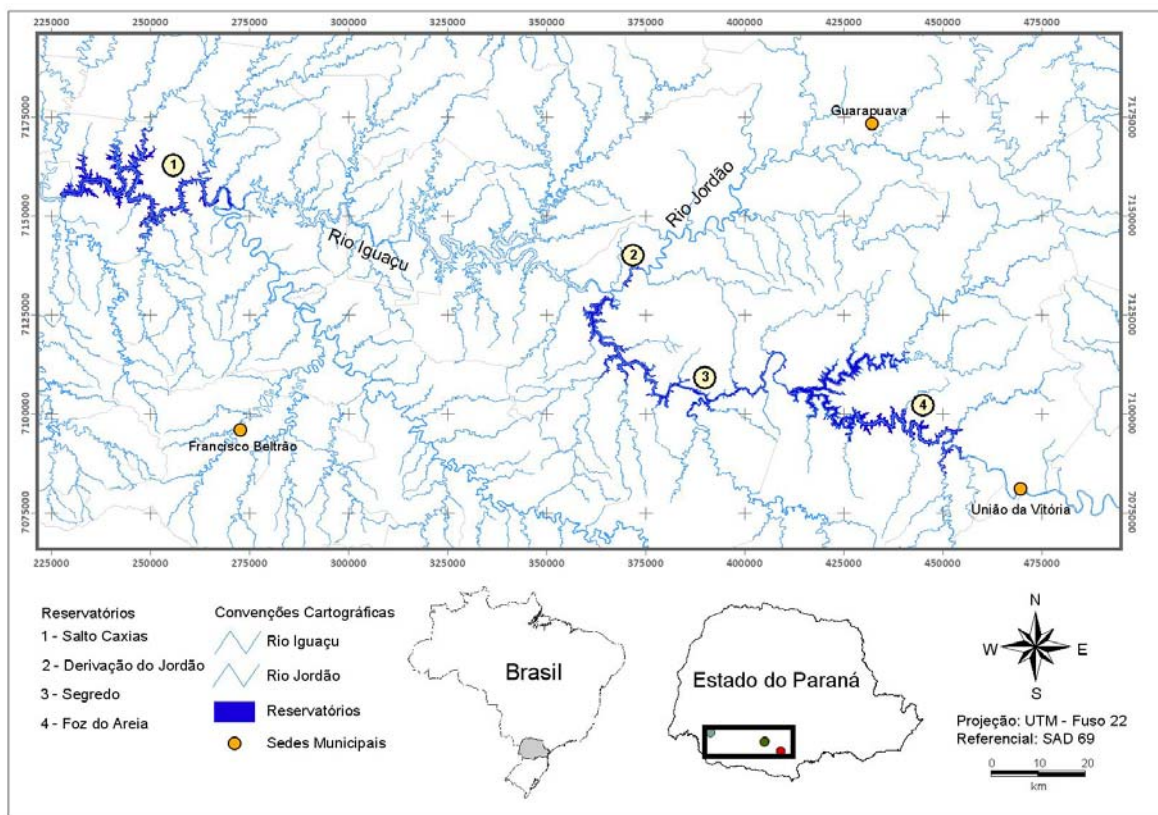


Figura 1 – Localização dos reservatórios em estudo.

2.2 Método de determinação do perfil de oxigênio e temperatura

Os perfis verticais de temperatura e oxigênio dissolvido foram realizados nas estações de monitoramento de qualidade de água, localizadas nas proximidades do barramento, em todos os reservatórios estudados (Tabela 2). A avaliação do perfil é parte preponderante do diagnóstico da qualidade da água, sendo os resultados utilizados para o cálculo do “Índice de Qualidade de Reservatório” (IAP, 2004), como parte integrante de relatórios anuais de automonitoramento de qualidade de água.

Tabela 2 - Descrição e localização das estações de amostragem

Reservatório	Estação	Localização	Coordenadas	
			E	N
Foz do Areia	E3	Rio Iguaçu, reservatório da UHE Foz do Areia, ponto cerca de 500m (<i>log boom</i>)	433760	71234685
Jordão	E2	Rio Jordão, reservatório da UHE Derivação do rio Jordão, ponto <i>log boom</i>	391506	7151111
Segredo	E3	Rio Iguaçu, reservatório da UHE Segredo, nas proximidades da barragem	386003	7146252
Caxias	E5	Reservatório de Salto Caxias próximo a barragem	250096	7174105

O estabelecimento dos perfis de oxigênio e temperatura foi realizado com o uso do equipamento Modelo HI 9828, Sonda HI 769828. O aparelho possui um cabo de amostragem de 120 m, que permite traçar os perfis em profundidades variáveis. Nos reservatórios com menor profundidade utilizou-se também o equipamento Modelo 550 YSI da Yellow Spring, USA, com cabo de 60 metros.

2.3 Método de cálculo do número de Froude densimétrico

O número de Froude densimétrico é um valor adimensional que reúne as principais características de estratificação e morfometria. É expresso matematicamente pela equação (1) (Tucci, 1998):

$$Fd = 0,322 \frac{L * Q}{H * V} \quad (1)$$

onde Fd: número de Froude densimétrico; L: comprimento do reservatório (km); Q: vazão (m^3/s); H: profundidade média (m); V: volume ($10^6 m^3$).

Conforme Nogueira (1991), os reservatórios fortemente estratificados possuem Fd bastante inferiores a $1/\pi$, reservatórios com fraca estratificação apresentam Fd variando entre 0,1 e 1,0 e sistemas completamente misturados possuem Fd superior a 1,0.

O número de Froude densimétrico (WRE, 1969) *apud* Tucci (1998) é amplamente utilizado para se conhecer o comportamento do reservatório antes do início da operação e também como parâmetro de escolha dos modelos matemáticos compatíveis com as futuras condições físicas, para previsões sobre o comportamento do reservatório planejado.

2.4 Cálculo do Tempo de Residência

O tempo de residência é um dos principais parâmetros que caracterizam um reservatório, pois mostra quanto tempo, em média, o reservatório leva para renovar todo o seu volume. Este parâmetro pode ser definido pela seguinte equação (2):

$$Tr = 11,57 \frac{V}{Q} \quad (2)$$

onde Tr: tempo de residência em dias; V: volume do reservatório em hectômetros ($10^6 m^3$); Q: vazão média de longo período em m^3/s .

Neste estudo será adotada a classificação de reservatórios apresentada por WRE (1969) *apud* Tucci (1998), o qual considera a dinâmica da circulação em termos de relação volume/vazão e o tempo de residência. Esta classificação considera reservatórios com $Tr > 1$ ano, em que são observadas pequenas variações sazonais no armazenamento e a vazão de saída é retirada da superfície; $4 \text{ meses} < Tr < 1$ ano, em que apresentam estratificação e grande variação no

armazenamento; e por fim reservatórios com $Tr < 4$ meses, onde a estratificação é difícil de se formar e a variação longitudinal da temperatura pode ocorrer.

É importante ressaltar que o emprego desta classificação é limitado, já que existem reservatórios de grande profundidade com pequeno tempo de residência. Conforme Nogueira (1991), esta equação representa uma condição teórica média, servindo apenas como um indicador das condições gerais do reservatório e que as atividades químicas e biológicas que ocorrem efetivamente nos lagos e reservatórios, dependem do tempo de residência efetivo, que é variável e subordinado às condições reais das descargas e saídas.

3 - RESULTADOS

Neste estudo os dados dos perfis de oxigênio e temperatura dos reservatórios foram agregados sazonalmente, sendo que a tendência de estratificação observada no campo foi analisada em comparação com os resultados da determinação do número de Froude densimétrico de cada reservatório.

Na Tabela 3 são apresentados os resultados dos cálculos do número de Froude e do tempo de residência dos quatro reservatórios.

Tabela 3 – Resultados do cálculo do número de Froude densimétrico e tempo de residência

Reservatório	Foz do Areia	Derivação do Jordão	Segredo	Salto Caxias
Fd	0,07	0,11	0,17	0,44
Tr (dias)	103,6	10,13	45,75	31,13

As medidas de temperatura e oxigênio dissolvido efetuadas no reservatório da UHE Derivação do rio Jordão, durante o período de monitoramento, refletiram o comportamento das variáveis no perfil vertical do reservatório, como mostra a Figura 2. Na avaliação do perfil de temperatura, observa-se que o reservatório da Derivação do rio Jordão apresenta-se estratificado durante a maior parte do ano, com circulação em um curto período de inverno. Estas estratificações térmicas foram mais pronunciadas nos meses de temperaturas mais elevadas, e ausentes no inverno. Para ilustrar os eventos de estratificação, nos meses de outubro/07 e janeiro/08 foram observadas termoclinas superficiais, a partir de 10 m. Em maio/07, a termoclina observada iniciou-se a partir de 20 m. Quanto à concentração de oxigênio dissolvido, essa tendência de estratificação é observada até a profundidade de cerca de 30 m, para os meses de verão.

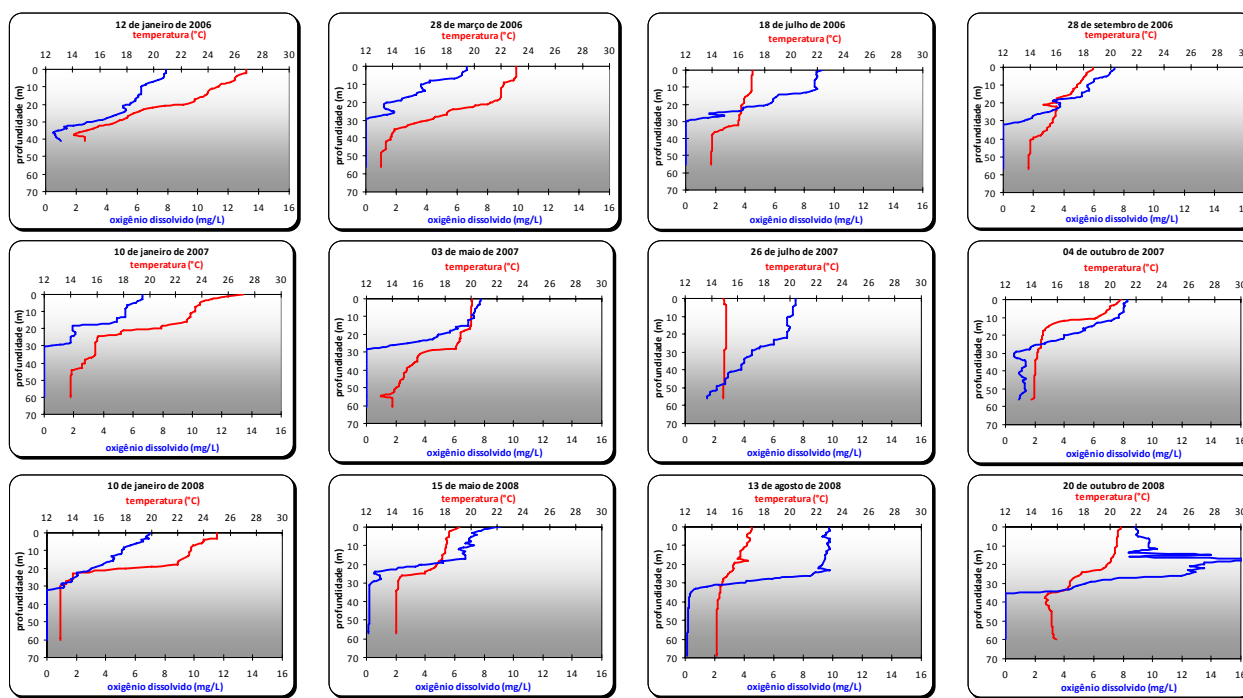


Figura 2 - Estrutura térmica e distribuição do oxigênio dissolvido na coluna de água do reservatório de Derivação do Jordão

Com relação à dinâmica de circulação e estratificação o Reservatório de Derivação do Jordão possui tempo de residência igual a 10,13 dias, sugerindo circulação no reservatório. Entretanto, o número de Froude densimétrico, igual a 0,11 indica que o mesmo apresenta forte estratificação.

No reservatório da UHE Foz do Areia na estação de monitoramento E3, de acordo com os perfis apresentados na Figura 3, o padrão de estratificação térmica observado, nos períodos analisados, é de estratificação durante todo o ano, com menor estabilidade em curtos períodos de inverno.

Para o ano de 2006, nos meses de outono e inverno (abril e julho) observa-se que o perfil de temperatura mostra-se estratificado, com circulação nos primeiros 20 m (profundidade da termoclina), e termoclinas mais superficiais nos demais meses, sem a verificação de tendência de estratificação.

Em 2007 todos os meses, com exceção de julho, apresentam tendência à estratificação. Em outubro/07 o perfil de temperatura mostrou-se fortemente estratificado, sendo que a circulação ocorreu, possivelmente, apenas nos 15 primeiros metros da coluna d'água, com termoclina estabelecida nesta profundidade. A mesma tendência foi observada em janeiro/08 com estratificação a partir dos primeiros metros e perda acentuada de temperatura e oxigênio dissolvido da superfície em direção ao fundo.

Em relação ao oxigênio dissolvido, o comportamento no perfil vertical apresentou-se estratificado, com hipoxia ou anóxia de fundo estabelecendo-se, geralmente, entre 40 e 90 m de profundidade, como pode ser observado na Figura 3.

Verificou-se déficit acentuado de oxigênio dissolvido nesta estação com anóxia de fundo registrada em todos os meses monitorados em 2006, iniciando-se entre 40 e 70m. Em abril/07 a estratificação de OD pode ser observada já nos primeiros 10 m, sendo que foi registrada anóxia a partir de 60 m. Em julho/07, verificou-se oxiclina pronunciada na profundidade de 40 m. Nos meses de outubro/07 e janeiro/08, o perfil de oxigênio dissolvido mostrou-se fortemente estratificado, verificando-se hipoxia hipolimnética em 90 m e 70 m, respectivamente.

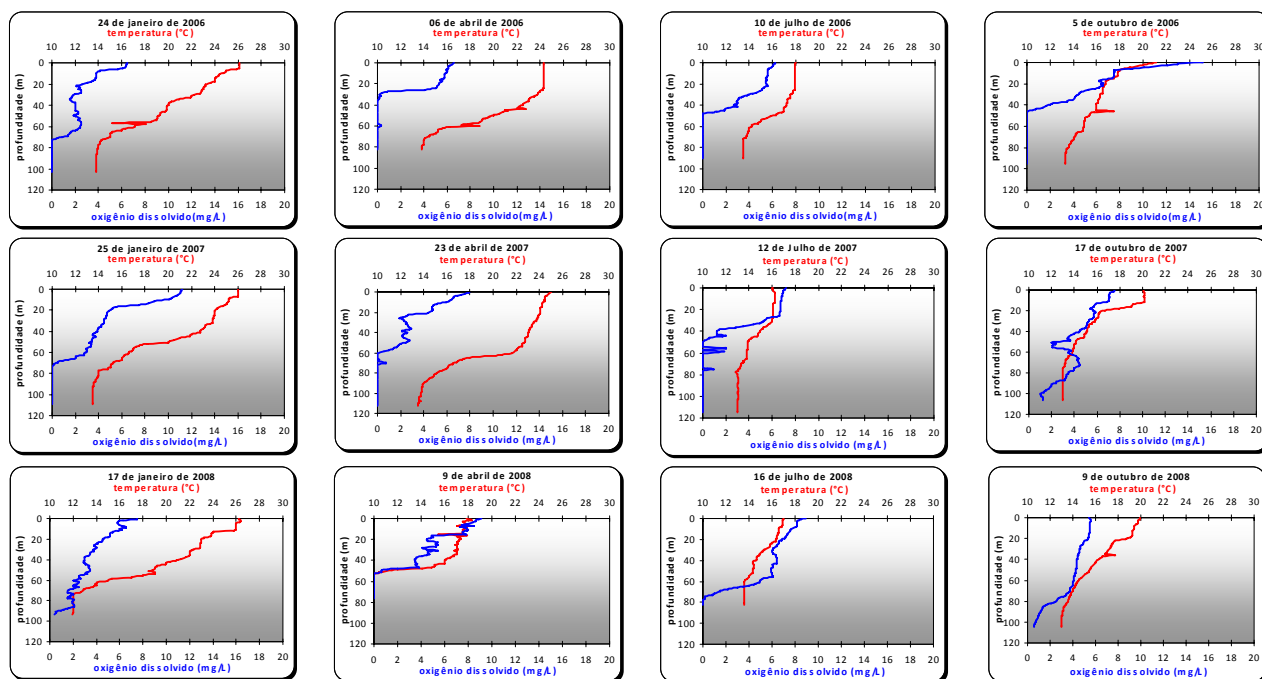


Figura 3 – Estrutura térmica e distribuição do oxigênio dissolvido na coluna de água do reservatório de Foz do Areia

Como mostrado na Tabela 3, em relação à dinâmica de circulação e estratificação o Reservatório de Foz do Areia possui tempo de residência igual a 103,6 dias, sugerindo circulação no reservatório. Entretanto, o número de Froude densimétrico, igual a 0,07 indica que o mesmo apresentará forte estratificação.

A Figura 4 apresenta as medidas de temperatura e OD efetuadas no reservatório de Segredo durante os meses de monitoramento, as quais refletiram o comportamento destas variáveis no perfil vertical do reservatório, na estação de monitoramento E3, nas proximidades da barragem, nos anos de 2006, 2007 e 2008.

A avaliação da temperatura no perfil vertical mostrou estratificação presente no reservatório da UHE Segredo, em quase todos os meses monitorados. A estratificação apresentou-se mais

pronunciada nos meses com temperaturas mais elevadas (março, novembro e dezembro) e menos pronunciada nos meses mais frios. Este comportamento na maior parte do ano, com tendência a circulação em curto período de inverno, pode ser definido como padrão, pois vem sendo observado ao longo de todo o monitoramento.

O estabelecimento de termoclinas pode ser observado a partir de 20 m de profundidade nos meses de temperaturas menos elevadas, e em meses de temperaturas mais altas observou-se a formação de termoclinas superficiais, dificultando a mistura das massas de água a partir da superfície.

A avaliação do perfil vertical de oxigênio mostrou que o reservatório da UHE Segredo apresenta tendência a estratificação na maior parte do período anual, sendo menos pronunciada ou ausente em meses mais frios, acompanhando o comportamento da temperatura. É importante ressaltar que nos meses de forte estratificação houve constante registro de hipoxia hipolimnética, sendo que em julho, setembro e novembro de 2006 e março de 2007, na estação E3, anóxia foi observada já a partir de, aproximadamente, 50m. Esta tendência também é observada em abril, julho e setembro de 2008 anóxia foi observada já a partir de 80m.

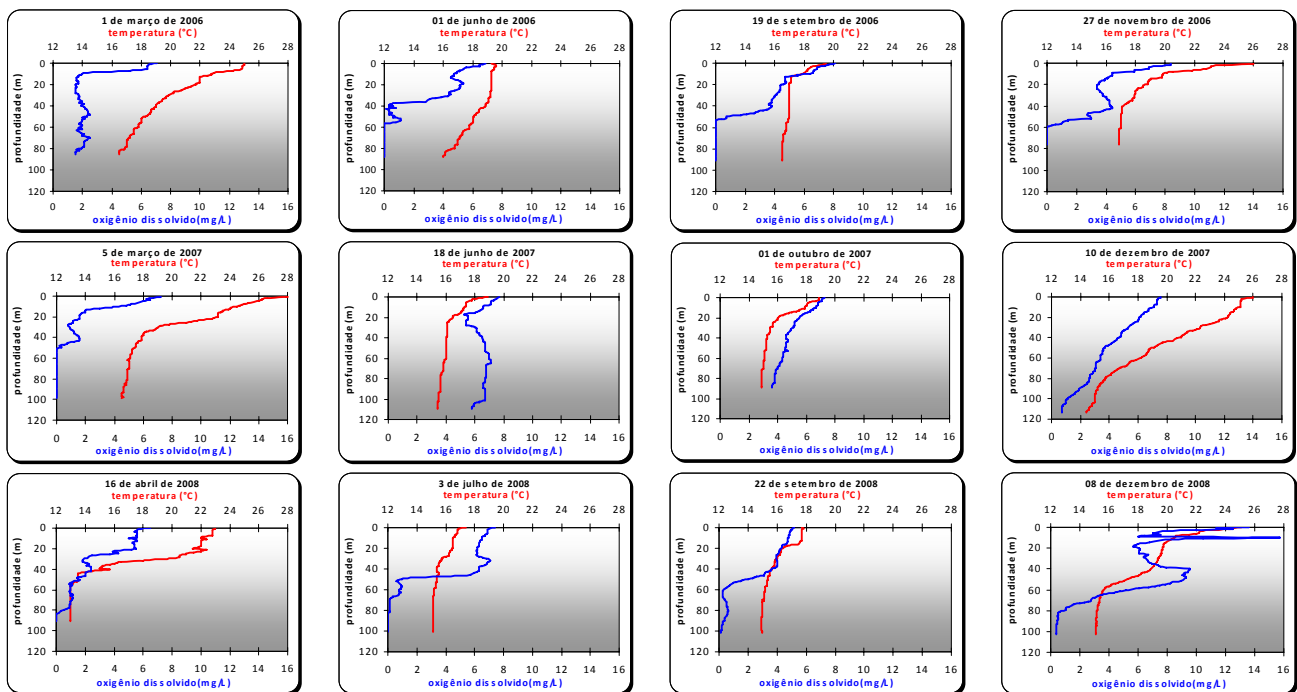


Figura 4 – Estrutura térmica e distribuição do oxigênio dissolvido na coluna de água do reservatório de Segredo

Com relação à dinâmica de circulação e estratificação (Tabela 3), o Reservatório de Segredo possui tempo de residência igual a 45,75 dias, sugerindo circulação no reservatório. Por outro lado, o número de Froude densimétrico, igual a 0,17 indica que o mesmo apresenta forte estratificação.

Para a avaliação do reservatório de Caxias com base na estação E5, verificou-se que os meses de temperaturas mais elevadas apresentam tendência à estratificação térmica e de oxigênio (Figura 5).

Todos os meses apresentam tendência à estratificação quanto à concentração de oxigênio dissolvido. Em relação à estratificação térmica, a mesma foi registrada nos meses mais quentes (fevereiro e novembro) com formação de termoclinas. Nos meses de maio e agosto, 2006 e 2007 não foram registradas estratificações no perfil de temperatura, sendo que esta se manteve constante, sem grandes variações ao longo da coluna d'água.

A estratificação de OD foi observada nos meses mais quentes, com formação de oxiclina superficiais até 15 metros nos meses mais frios a estratificação do oxigênio dissolvido foi menos evidente ao longo da coluna d'água, com concentrações em decréscimo gradual até o fundo. Em alguns meses como novembro de 2008 verifica-se uma tendência à estratificação térmica mais pronunciada que a estratificação de OD.

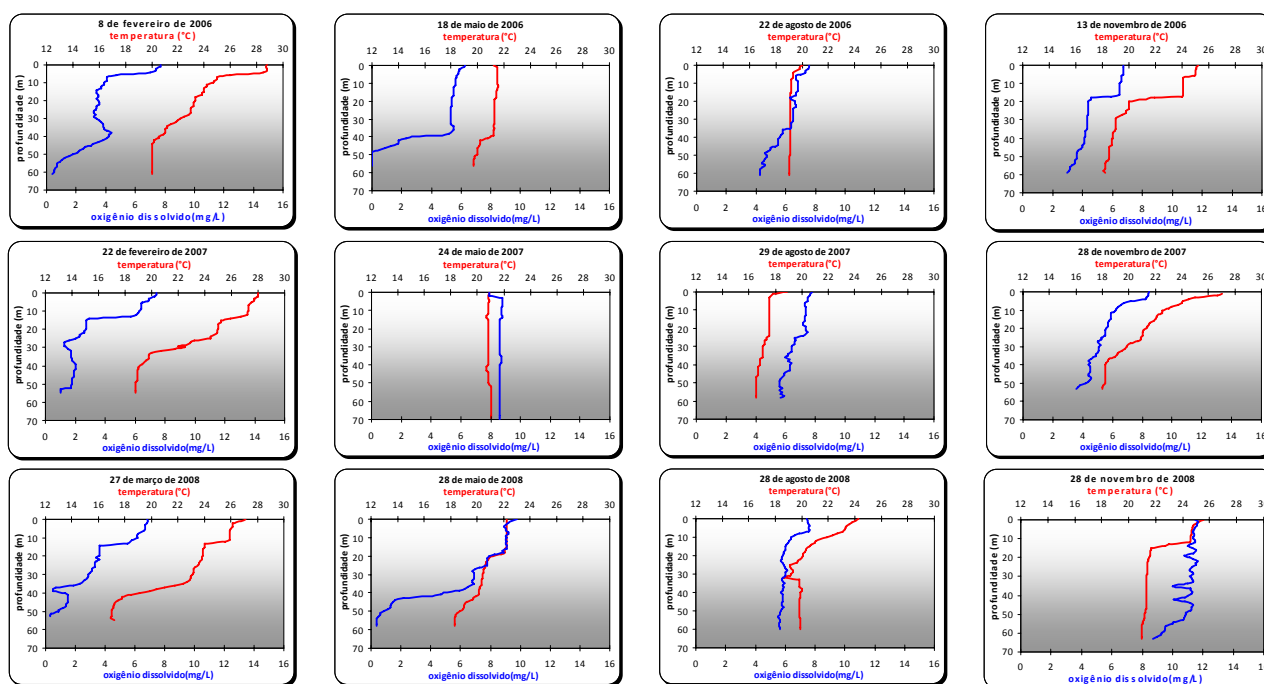


Figura 5 – Estrutura térmica e distribuição do oxigênio dissolvido na coluna de água do reservatório de Caxias

Com relação à dinâmica de circulação e estratificação o Reservatório de Salto Caxias possui tempo de residência igual a 31,1 dias, sugerindo circulação no reservatório e o número de Froude densimétrico, igual a 0,44 indica que o mesmo apresenta uma fraca tendência à estratificação (Tabela 3). Este fato pode ser devido a sua baixa profundidade em relação aos demais reservatórios.

Ao analisar os perfis de oxigênio e temperatura verificou-se a estratificação nos reservatórios nos meses com temperaturas mais elevadas, ao longo de todos os anos durante o

período monitorado. Este fato também foi confirmado pelos valores do número de Froude densimétrico, para os reservatórios de Usinas Hidrelétricas de Derivação do Jordão, Governador Bento Munhoz da Rocha Neto (Foz do Areia), Governador Ney Aminthas de Barros Braga (Segredo) indicando que apesar de ser utilizado amplamente para verificação da possibilidade de estratificação previamente à construção dos reservatórios, ele representou bem o comportamento durante o período de operação. Este fato não foi verificado no reservatório da UHE Governador José Richa (Salto Caxias) onde a determinação do número de Froude densimétrico indicou, assim como o tempo de residência, uma tendência à fraca estratificação.

De maneira geral a classificação de WRE (1969) apud Tucci (1998) como indicativos da tendência de estratificação não se mostraram coerentes com os valores obtidos no monitoramento e no cálculo do número de Froude. Entretanto, existem outras classificações de tempo de residência, dentro das quais a tendência observada para estes reservatórios pode ser melhor representada, como por exemplo a Resolução CONAMA 357/05 (Brasil, 2005). Esta resolução considera que corpos hídricos com $Tr \leq 2$ dias são considerados ambientes lóticos, ou seja, ambientes de fluxo rápido. Corpos hídricos com $2 < Tr \leq 40$ dias devem ser tratados como intermediários e com $Tr > 40$ dias, considerados ambientes lênticos, onde a água apresenta fluxo lento.

4 - CONCLUSÕES

O padrão de estratificação térmica e de oxigênio dissolvido observado nos quatro reservatórios, nos períodos analisados, é de estratificação durante todo o ano, com menor variabilidade nos meses próximos ao inverno.

O comportamento verificado nos reservatórios mais profundos em relação à estratificação esteve em conformidade com as observações de autores como Tundisi *et al.* (1981) apud Nogueira (1991), que afirmam que lagos profundos de clima tropical permanecem estratificados praticamente todo o ano, ocorrendo sua desestratificação apenas no inverno.

O número de Froude densimétrico calculado reproduziu a tendência de estratificação verificada no monitoramento dos perfis de oxigênio e temperatura para os reservatórios de Foz do Areia, Segredo e Derivação do Jordão.

No reservatório de Caxias, os valores de tempo de retenção e o de número de Froude densimétrico indicaram uma tendência a estratificação fraca em contraponto com os resultados verificados no monitoramento.

De maneira geral, a classificação adotada para tempo de retenção como indicativos da tendência de estratificação não se mostrou coerente com os valores obtidos no monitoramento e no cálculo do número de Froude.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à SSA – Superintendência Técnica Socioambiental da COPEL (Companhia Paranaense de Energia) pela cessão dos dados aqui utilizados para avaliar os reservatórios de Foz do Areia, Jordão, Segredo e Caxias.

Os autores também agradecem à Equipe de Campo da COPEL, na pessoa dos Srs. César Dal Bosco, Claiton Bastian e Eder Gomes, pela coleta das amostras analisadas.

BIBLIOGRAFIA

- BRASIL (2005). Resolução CONAMA n° 357, de 17 de março de 2005. Classifica as águas doces, salobras e salinas do Território Nacional, segundo os usos preponderantes, revogando a Resolução
- COPEL – COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA (1996). *IGU – Informações Gerais de Usinas – Relatório Técnico*. Curitiba: Departamento de Estudos e Obras Hidrelétricas. 113p.
- COPEL – COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA (2000). *Relatório Ambiental: Usina Hidrelétrica Foz do Areia – Relatório Técnico*. Curitiba-PR: COPEL.
- ESTEVES, F. A. (1998). *Fundamentos de Limnologia*. Interciência/FINEP, Rio de Janeiro – RJ, 575p.
- NOGUEIRA, V. P. Q. (1991). “Qualidade da água em Lagos e Reservatórios”, in *Hidrologia Ambiental*. Org. por Porto, R. L.L. (1991) ABRH, EDUSP, São Paulo – SP, pp. 165 – 208.
- RODRIGUES, L., THOMAZ S. M., AGOSTINHO & A. A. E GOMES, L. C. (2005) *Biocenoses em reservatórios: padrões espaciais e temporais*. Org. por Liliana Rodrigues, Sidinei Magela Thomaz, Ângelo Antonio Agostinho e Luiz Carlos Gomes – São Carlos: Rima, 333p.
- IAP – Instituto Ambiental do Paraná (2004) *Monitoramento da qualidade das águas dos reservatórios do Estado do Paraná, no período de 1999 a 2004*. IAP: Curitiba, 13 p.
- IAP – Instituto Ambiental do Paraná. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Paraná (1996) *Coletânea de Legislação Ambiental, PR-P-019/92*. Curitiba: IAP/GTZ, 2ª. ed.
- SACADURA, J. (2003). "A escolha de uma Sonda - Parte II". Revista Achigã 24-25.pp 3-5 . APPA, Portugal. Disponível em <http://www.gforum.tv/board/165942-post2.html>.
- TUCCI, C. E. M. (1998). *Modelos Hidrológicos*. ABRH, ed. UFRGS, Porto Alegre - RS. 669p.
- TUNDISI, J.G. e TUNDISI, T.M. (2008). *Limnologia*. São Paulo: Oficina de Textos, 631 p.