

# Indicadores para Máquinas de Papel – Uma referência de desempenho

## Paper Machines Metrics – A new performance reference

Érico de Castro Ebeling, São Paulo, Brasil

Dórian L. Bachmann, Bachmann & Associados, Curitiba, Brasil

### Resumo

Este trabalho descreve as conclusões da Comissão Técnica de Papel da Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel ABTCP e da Bachmann & Associados – empresa de consultoria voltada para indicadores e análise comparativa de desempenho – no esforço de criar um conjunto de indicadores para acompanhamento e comparação do desempenho de máquinas de papel que seja útil para as empresas ligadas à ABTCP, visando ao aumento da produtividade e da competitividade. Comenta, ainda, aspectos do processo participativo que conduziu aos indicadores e mostra alguns benefícios de sua utilização, envolvendo não só os participantes da comissão e suas empresas, mas também outra Associação de Papeleiros como a Zellcheming - (Associação Alemã Técnica dos Engenheiros e Químicos de Celulose e Papel),

Palavras-chave: Indicadores, gestão, benchmarking, produtividade, máquina de papel.

### Abstract

This paper brings the results of the effort made by the ABTCP's Paper Technical Committee and Bachmann & Associados – consulting firm specialized in the definition of performance indicators and benchmarking analysis - in order to define a set of indicators that can be used by the ABTCP associated Companies for benchmarking and follow up of their own paper production performance, and therefore implement actions to keep and improve their productivity and competitiveness. Not only technical aspects but also the procedures used to come to the definition involving not only the participants in the Committee but also other Paper Association like Zellcheming. (German Pulp and Paper Engineers Association)

Key-words: Performance evaluation, benchmarking, measurement, productivity, paper machine.

### Agradecimentos

Agradecemos aos integrantes da Comissão Técnica de Papel da ABTCP, em particular aos seguintes membros: Almir Calegari (MD Papéis), Antonio Lemos (Voith), Giovanni R. Varella (Ripasa), João Alfredo Leon (ABTCP), José Erothides (Albany), José Mozetic (Metso), Marco Stella (Ripasa), Pedro Mora (CBTI), Rodrigo Ribeiro (Voith), Silvio Massafferro (VCP) e Song Won Park (USP). Também registramos um agradecimento especial ao Gerente Técnico da ABTCP, eng. Afonso Moraes de Moura, que incentivou a realização do trabalho, e à Coordenadora Técnica Ana Paula Marcondes Giolo, que secretariou as reuniões da Comissão.

### INTRODUÇÃO

Para enfrentar a acirrada competição existente, é importante que as organizações possam se comparar e identificar os pontos de maior vulnerabilidade, visando corrigi-los, e de excelência, para reforçá-los buscando manter a vantagem competitiva [1]. Adicionalmente, a complexidade dos processos industriais dificulta a observação do efeito das decisões técnicas e gerenciais tomadas [2]. Nas duas situações, a ferramenta com que o administrador conta é a mesma: o uso de indicadores de desempenho.

Entretanto a utilização de métricas para comparações, principalmente entre organizações diferentes, é dificultada pelo fato de cada empresa fazer uso de uma metodologia de medição. Assim, o mérito

deste trabalho é buscar uma linguagem comum para os responsáveis por máquinas de papel que permita a comparação com outras instalações e possa se tornar mais um eficiente recurso de gestão.

Este tema já vem sendo estudado por outras associações no mundo. Em particular um trabalho realizado em conjunto pelas associações escandinava e alemã [3], com apoio de algumas empresas de seus respectivos países, que analisou uma série de sistemas, incluindo Tappi e Zellcheming e está adotando como ponto de partida para a fundamentação do trabalho as normas estabelecidas pela Zellcheming [4].

Com o entendimento que não é possível atender às exigências específicas de cada empresa, mas que se deve buscar um resultado que possa ser útil para a maioria, a prioridade foi estabelecer um conjunto abrangente de indicadores que permitisse não só a comparação entre as empresas brasileiras, mas também possibilitasse uma análise em termos comparativos globais. Após discussões sobre o tema [5] a Comissão Técnica de Papel concluiu que, com algumas adaptações, também aqui a norma estabelecida pela Zellcheming poderia ser utilizada como ponto de partida.

Cabe esclarecer que os indicadores aqui apresentados têm o objetivo único de fornecer valores dentro de critérios claramente definidos e comparáveis, não pretendendo substituir quaisquer das medidas usadas pelas empresas nas suas tarefas de gestão do dia a dia.

Após o início de seu uso prático, as definições dos indicadores propostos certamente sofrerão adaptações; do mesmo modo, poderão ser incluídas novas métricas que tornem a ferramenta ainda mais útil para os responsáveis pela produção.

Assim, a metodologia padronizada de medição proposta neste trabalho é abrangente e permite aos gestores de máquinas de papel uma visão prática do desempenho histórico de seu equipamento, ao mesmo tempo em que oferece uma alternativa segura e confiável para a comparação de desempenho com máquinas de outras empresas, facilitando os processos de benchmarking.

## DIRETRIZES

Embora bastante disseminado pelos programas de Qualidade Total, o uso de indicadores ainda não é plenamente aproveitado nas empresas. Esta deficiência decorre, principalmente, da preocupação em medir para controlar, mais que para buscar oportunidades de melhoria para os processos.

O uso eficaz de indicadores presume que as métricas usadas atendam alguns requisitos de ordem geral [6] como:

Seletividade – relacionado a aspectos relevantes para o negócio;

Simplicidade – fácil compreensão e aplicação pelas pessoas que fazem a coleta dos dados e, principalmente, pelos envolvidos no seu uso;

Baixo custo – o custo para a coleta e processamento dos dados deve ser baixo, quando comparado com os benefícios resultantes da medida;

Representatividade – a medida deve representar satisfatoriamente o processo ou produto a que se refere.

Além do atendimento aos requisitos descritos, a Comissão Técnica estabeleceu as seguintes diretrizes para o trabalho de desenvolvimento dos indicadores:

- Utilizar como referência o padrão da Zellcheming, para permitir comparação não só com empresas nacionais, mas também com empresas de origem européia.

- Aproveitar dados disponíveis nos sistemas de informações das empresas.

- Permitir comparação entre máquinas e categorias de produtos, entre outras aplicações;

- Buscar uma visão abrangente, evitando entrar em detalhes específicos das máquinas e das empresas;

- Não envolver assuntos estratégicos ou que possam caracterizar concorrência desleal.

## INDICADORES

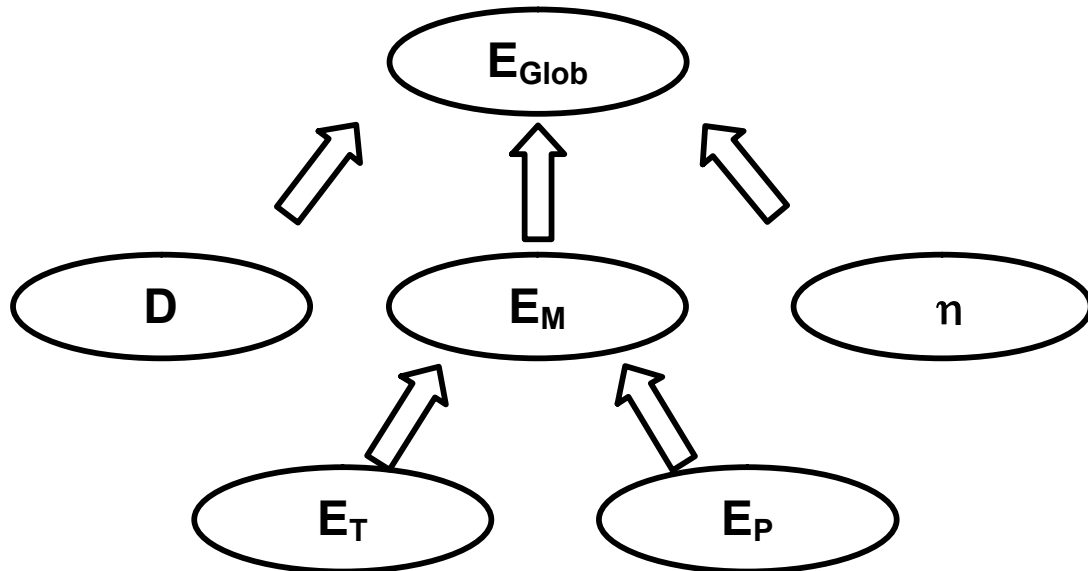
Tomando como referência o trabalho “The Zellcheming Standard for Paper Machine Efficiency Calculations” [7], foram propostos os seguintes indicadores:

- Disponibilidade - D
- Eficiência de tempo -  $E_t$
- Eficiência de produção -  $E_p$

- Eficiência de máquina -  $E_m$
- Rendimento -  $\eta$
- Eficiência global -  $E_{glob}$

O relacionamento entre os indicadores está explicitado na figura I. Para complementar ao conjunto foi acrescentada a medida de Produção específica.

Figura I – Relação entre os Indicadores ABTCP para Máquinas de Papel



Descrevemos, a seguir, cada um dos indicadores, sua metodologia de cálculo e sua aplicação prática:

#### Disponibilidade, D

É o percentual do tempo em que a máquina pode ser disponibilizada para uso, depois de descontados os **tempos perdidos por causas externas** (paradas causados por fatores externos e outros tempos que extrapolam a responsabilidade do pessoal de produção e manutenção), como:

- Grandes manutenções e reformas com tempo programado (superiores a 48 h);
- Paradas programadas por exigências legais (NR13, etc.);
- Parada geral planejada;
- Paradas por causas naturais (enchentes, etc.) (superiores a 48 h);
- Falta de energia elétrica por falha da concessionária (superiores a 48 h);
- Falta de pedido (superiores a 24 h).
- Greves

Decidiu-se, ainda, que não seriam descontadas perdas de tempo provocadas por:

- Falta de utilidades (energia elétrica, vapor, etc.) decorrentes de problemas internos;
- Desenvolvimento de novos produtos e
- Grandes paradas imprevistas (salvo as definidas anteriormente), independentemente do tempo.

Assim,

$$D = \frac{\text{tempo calendário} - \text{tempo perdido por causas externas}}{\text{Tempo calendário}} \times 100$$

O tempo calendário corresponde a 24 horas por dia, 7 dias por semana, 365 dias por ano (366 no caso de anos bissextos).

O expurgo de ocorrências superiores a um determinado período de tempo (48 ou 24 horas) tem o propósito de eliminar distorções em face de eventos pouco frequentes, e permitir a comparação na série histórica ou entre unidades.

Na verdade, as definições aqui sugeridas não impedem a criação de novos indicadores ou aplicação de indicadores já utilizados. Esta proposta vem consolidar a utilização de indicadores que em função de critérios claros e aceitos universalmente, possam efetivamente servir como parâmetros de comparação entre as diversas unidades de nosso setor industrial.

No caso em discussão, a métrica Disponibilidade (D) estabelece uma espécie de teto ou limite máximo (referência) conjunto para as áreas de produção e manutenção; assim, um valor baixo orienta a administração da empresa a atuar no ambiente externo. Um exemplo é a ação das comissões técnicas de manutenção e de inspeção da ABTCP para conseguir alterações na NR13, que impõe prazos curtos entre as paradas para inspeção das caldeiras e leva a perdas de produção desnecessárias.

#### **Eficiência de tempo, Et**

É o percentual de tempo de produção ( $T_p$ ), em relação ao tempo disponível para produção.

$$Et = \frac{\text{tempo de produção}}{\text{tempo disponível máximo}} \times 100$$

$$Et = \frac{\text{tempo disponível máximo} - \text{tempo sem produção}}{\text{tempo disponível máximo}} \times 100$$

Em termos práticos, tempo de produção é o tempo que a máquina esta enrolando com a folha aberta. Assim, o tempo sem produção inclui os períodos de:

- paradas técnicas (programadas ou não)
- paradas operacionais (programadas ou não)
- reinício
- perda por quebra
- passagem de ponta.

ou seja, todos os tempos entre a interrupção da folha na enroladeira até o momento que a operação abre a folha e volta a enrolar.

Nesta métrica não cabe distinção sobre a qualidade do produto, portanto o refugo também deve ser considerado produção.

Este indicador mede o grau de aproveitamento da disponibilidade da máquina por parte das equipes de produção e manutenção.

#### **Eficiência de produção, $E_p$**

É a relação, expressa percentualmente, entre a produção bruta realizada e a Produção de Referência da máquina calculada tomando como base o tempo de produção ( $T_p$ ).

$$E_p = \frac{\text{produção bruta}}{\text{Produção de referência}} \times 100$$

A Produção Bruta é a quantidade, em toneladas, de papel enrolada nas máquinas de papel, cartão ou revestidora no período considerado.

A Produção de Referência ( $P_R$ ) é definida como a máxima quantidade de papel que a máquina, em condições ideais, teria condições de produzir.

A Produção de Referência é afetada pelas seguintes variáveis, para cada item do mix de produtos:

- Largura – Depende do papel que está sendo produzido;
- Gramatura – Depende, igualmente, do material em produção;

- Velocidade – É o fator mais sujeito à influência dos responsáveis pela máquina, embora também tenha restrições associadas ao papel em produção;
- Tempo de Produção no período considerado.

Embora conceitualmente bastante simples, a dificuldade em se estabelecer regras uniformes para o cálculo, transformou este parâmetro no maior desafio encontrado no desenvolvimento dos indicadores. Particularmente complexa foi a escolha da velocidade a ser tomada para o cálculo da Produção de Referência. A Zellcheming [7] recomenda utilizar velocidade média, mas não especifica de forma objetiva como é obtida, de modo a garantir uma base comparável.

Dentre as alternativas analisadas pela Comissão citamos:

- Maiores velocidade alcançada e sustentada por no mínimo 8 horas, sem quebras, para um determinado tipo de papel;
- Produção Máxima Sustentável, definida como a média dos 5 melhores desempenhos (t/h) obtidos em 5 de 6 meses;
- Utilizar valores históricos médios calculados a partir da eliminação dos valores máximos e mínimos;
- No caso de máquinas novas ou reformadas, tomar a capacidade definida pelo projeto até que tenham sido superados consistentemente;
- A maior velocidade obtida em operação estável.

Após amplo debate foi adotada a velocidade máxima sustentável dentro do período considerado, para cada gramatura, como definida pelo corpo técnico de cada fábrica. Embora os critérios possam variar de unidade para unidade admitiu-se, nesta etapa, que as distorções serão aceitáveis dentro da finalidade do trabalho.

Assim, a solução encontrada foi à adoção de uma tabela específica para cada máquina, associando a velocidade às características dos produtos fabricados, exemplificada no Quadro I, a seguir:

Quadro I – Produção de Referência – Exemplo de tabela

<b>Empresa ACME – Máquina 2</b>				
Produto	Largura Max útil, m	Gramatura Nominal, g/m <sup>2</sup>	Velocidade Max sustentável, m/min	P <sub>R</sub> , T/h
Papel A	L <sub>A</sub>	G <sub>A</sub>	V <sub>A</sub>	P <sub>RA</sub>
Papel B	L <sub>B</sub>	G <sub>B</sub>	V <sub>B</sub>	P <sub>RB</sub>
Papel C	L <sub>C</sub>	G <sub>C</sub>	V <sub>C</sub>	P <sub>RC</sub>
...	...	...	...	...
Papel Y	L <sub>Y</sub>	G <sub>Y</sub>	V <sub>Y</sub>	P <sub>RY</sub>
Papel Z	L <sub>Z</sub>	G <sub>Z</sub>	v <sub>Z</sub>	P <sub>RZ</sub>

Onde,

$$P_R \text{ [t/h]} = 0,00006 \times L \times \text{gm} \times V$$

e:

L - largura máxima útil praticada na enroladeira, por produto/gramatura.

Grm - gramatura nominal do produto fabricado no período de tempo considerado

V - velocidade máxima sustentável, para cada gramatura, como estabelecida pelo corpo técnico da unidade.

Neste caso, a Eficiência de Produção em um determinado período de tempo, é calculada segundo:

$$E_P = \frac{\sum P_{Bruta}}{\sum (P_R \times T_{Prod})} \times 100$$

onde:

$\sum P_{Bruta}$  – Somatória das produções brutas na enroladeira de cada um dos tipos de papel feitos no período.

$\Sigma (P_R \times T_{Prod})$  – Somatória do produto das produções de referência de cada um dos papéis produzidos pelos respectivos tempos (em horas) de produção.

É importante que o tempo total considerado no numerador e no denominador seja igual, para evitar distorções no cálculo do indicador.

#### **Eficiência de máquina, $E_M$**

A Eficiência de Máquina mede a qualidade da gestão da máquina de papel e é obtida pelo produto da Eficiência de Tempo pela Eficiência de Produção.

$$E_M = E_t \times E_p$$

Assim, uma máquina que operou 90% do tempo disponível ( $E_t = 90,0\%$ ), produzindo 95% de sua produção de referência ( $E_p = 95,0\%$ ), apresenta uma eficiência de máquina de 88,2%.

#### **Rendimento, $\eta$**

É a relação percentual entre a produção acabada entregue na expedição (em toneladas), e a respectiva produção bruta na enroladeira da máquina de papel, cartão ou revestidora, conforme o caso. Para o cálculo do rendimento deve ser levada em consideração a variação do estoque de semi-acabado do processo no período, portanto:

$$\eta = \frac{\text{Pacab} - (\text{Esemiacabado final} - \text{Esemiacabado inicial})}{\text{Pbruta na enroladeira}} \times 100$$

Onde:

Pacab – Produção de papel acabado entregue na expedição no período

Esemiacabado final – Estoque de semiacabado, no final do período

Esemiacabado inicial – Estoque de semiacabado, no início do período

Pbruta na enroladeira – Produção bruta total, medida na enroladeira.

Este indicador mede o desempenho da instalação no que se refere a perdas, por qualidade ou devido ao não aproveitamento de toda a largura usada na fabricação.

#### **Eficiência Global, $E_{Glob}$**

A eficiência global mede o desempenho completo da Linha (cuja cabeça é a máquina), levando em conta todos os aspectos que a influenciam.

É medida pelo produto dos indicadores anteriormente apresentados, como segue:

$$E_{Glob} = D \times E_T \times E_P \times \eta$$

Nas comparações entre diferentes instalações, é o mais importante indicador a ser considerado. Caso o valor seja inferior ao tomado como referência, então deve ser feito o desdobramento e buscada, na comparação de cada um de seus componentes, onde existe uma divergência que aponte oportunidade para melhoria.

#### **Produção específica, $P_{esp}$**

A Produção Específica, expressa em toneladas/hora/metro, pela sua facilidade de cálculo e comparação, complementa o conjunto de indicadores desenvolvido.

$$P_{esp} = P_{bruta} / T_P / L_{max}$$

Onde:

$P_{bruta}$  = produção bruta na enroladeira, toneladas

$T_P$  = tempo de produção, horas

$L_{max}$  = largura máxima útil na enroladeira, metros

Este indicador é particularmente útil para o acompanhamento histórico do desempenho da máquina analisada e sua comparação com outras unidades.

## DIAGRAMA DE REFERÊNCIA

O diagrama de referência (Figura II) apresenta, de forma didática, como os diversos tempos são considerados no modelo de medição proposto:

Figura II – Diagrama de referência

Tempo de produção	Tempo sem produção	
Tempo disponível máximo ou Tempo disponível para a produção e para manutenção		Tempo perdido por causas externas
Tempo calendário		

Para o cálculo dos indicadores deverão ser usadas, preferencialmente, as seguintes unidades, já tradicionais na indústria papelreira:

Largura	metro
Gramatura	grama/metro quadrado
Velocidade	metro por minuto
Produção	tonelada
Produção horária	tonelada por hora
Tempo	hora

## BENEFÍCIOS

O conjunto de Indicadores ABTCP para máquinas de papel, como proposto neste texto, oferece as seguintes vantagens:

- Permite comparar os resultados globais e por área de influência (operação, manutenção e equipamento), facilitando as ações gerenciais para melhoria, objetivo final deste tipo de trabalho.
- É lógico e tradicional, facilitando a aceitação e entendimento por parte das empresas; abordagem semelhante poderá ser adotada por outros comitês, numa padronização que favorece a criação dos Indicadores ABTCP de Desempenho para toda a Indústria de Celulose e Papel.
- Simplifica a verificação da consistência dos parâmetros fornecidos pelas empresas, pois os números necessários aos cálculos podem ser facilmente checados, prevenindo erros de informação e transcrição, com o auxílio do diagrama de referência (Figura II).
- É consistente do ponto de vista da homogeneidade matemática:

$$E_{\text{Glob}} = D \times E_T \times E_P \times \eta$$

$$E_{\text{Glob}} = \frac{\text{tempo} \times \text{tempo} \times \text{produção} \times \text{produção}}{\text{tempo} \quad \text{tempo} \quad \text{produção} \quad \text{produção}}$$

logo,

**Eglob** é adimensional

## CONCLUSÃO

O sistema de medição para máquinas de papel desenvolvido pela ABTCP, através de seu Comitê Técnico de Papel, permite que o administrador identifique se as maiores restrições à utilização plena do equipamento são relacionadas ao ambiente externo ou à gestão da operação e manutenção da máquina. Mas, a principal vantagem apresentada é permitir a comparação de desempenho entre empresas diferentes, criando oportunidades de melhoria que – se bem aproveitadas – podem levar a indústria como um todo a um nível mais alto de produtividade.

Para isto foram estabelecidos indicadores de disponibilidade, de eficiência de tempo, de produção e de máquina. Também foram definidas regras para o cálculo padronizado do rendimento e da eficiência global da linha de produção, assim como da produção específica.

A adoção destes indicadores em levantamentos de desempenho para estabelecer benchmarks para a indústria – um novo produto já planejado pela ABTCP – irá se constituir em mais um elemento para alavancar a competitividade da indústria nacional de celulose e papel.

### Restrição

O presente modelo é integralmente válido enquanto não houver alteração da gramatura do produto entre a enroladeira e a entrada na expedição. Assim sendo há necessidade de adaptar o conceito quando a enroladeira considerada está, por exemplo, numa máquina de papel base para revestimento e a linha apresenta um *coater off-machine*. Caso o ponto inicial para produção bruta seja a enroladeira do *coater* o modelo volta a ter validade.

## GLOSSÁRIO

Com a finalidade de criar um vocabulário comum, que facilite o uso dos indicadores desenvolvidos, foram convencionadas as seguintes definições operacionais:

Produção Bruta - é a quantidade de Papel produzida na enroladeira (rolo jumbo) das máquinas de papel, cartão e revestidora no período considerado.

Produção de Referência - é a máxima quantidade de produto que a máquina, em condições específicas, teria condições de produzir na respectiva enroladeira para cada tipo de papel.

Tempo calendário – Refere-se ao tempo total i.e. 24 horas por dia nos 365 dias do ano; 366 nos anos bissextos.

Tempo disponível para produção - é o período de tempo que a máquina está à disposição das equipes de produção e manutenção.

Tempo de produção - é o tempo durante o qual a máquina está enrolando, independentemente do papel estar ou não dentro das especificações para venda.

Tempo sem produção ou não-produtivo - Inclui todos os períodos, desde a interrupção da folha na enroladeira, até o momento em que a operação abre a folha e volta a enrolar.

## BIBLIOGRAFIA

1 – Bachmann, D. L., Análise Comparativa de Desempenho - uma nova ferramenta de gestão operacional para a indústria de celulose e papel, trabalho apresentado no 36º Congresso ABTCP-TAPPI – São Paulo SP, outubro de 2003.

2 - Kaplan, Robert S. & Norton, David P., Balanced Score Card: translating strategies into action, Harvard Business School Press, Boston, Massachusetts, 1996.

3 – Niiles Airola, Paper Machine Efficiency Analyze Methods, March 2003, HUT, Laboratory of Paper Technology, Metso Paper

4 – Jacobs, G., Produktionskennzahlen für die Papiererzeugung – Merkblatt II/2/81. Darmstadt, Verein der Zellstoff und Papier-Chemiker und Ingenieure, publicado em 03/04/1981, pp 1-7.

5 - Atas das reuniões da Comissão Técnica de Papel da ABTCP de 10.04.03 a 10.03.04, disponíveis no site da ABTCP ([www.abtcp.org.br](http://www.abtcp.org.br)).

6 - Takashina, Newton Tadashi, Flores, Mário César Xavier, Indicadores da qualidade e do desempenho: Como estabelecer metas e medir resultados, Rio de Janeiro, Qualitymark, Ed. 1996.

7 - Bescherer, Frank, 25.05.2003, The Zellcheming Standard for Paper Machine Efficiency Calculations, preparado com base nos itens 4 e 8 desta bibliografia.

8 - Mardon, J., Vyse, R., Ely, D., 1991. PAPER MACHINE EFFICIENCY: The most important operating parameter; how to get it and how to keep it. Don Mills, Pulp & Paper Canada, Vol. 92, No. 12, pp. 87-97.



**Autores**

Érico de Castro Ebeling é engenheiro mecânico pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica e engenheiro papaleiro pelo Institut fuer Papierfabrikation da Escola Técnica Superior de Darmstadt - Alemanha (Technische Hochschule Darmstadt). Tem um MBA em Gestão de Empresas pela Fundação Getúlio Vargas. Atuou por 11 anos nas Indústrias Klabin de Papel e Celulose - Unidade de Telêmaco Borba e por 8 anos na área técnica da SuzanoBahiaSul. Atualmente exerce a Gerência de Produção na Unidade do Embu do Grupo RIPASA e apóia a ABTCP como Coordenador da Comissão Técnica de Papel.

Dórian Bachmann é graduado em Engenharia Química pela Universidade Federal do Paraná, Pós-Graduado em Engenharia de Processamento de Petróleo, tem um MBA pela COPPEAD/UFRJ em Gestão de Negócios e Marketing e um MBA em Gestão de Negócio e Tecnologia da Informação pela Fundação Getúlio Vargas. Foi Superintendente da Unidade de Negócio da Industrialização do Xisto, da Petrobras. Também trabalhou na IBM do Brasil e na Companhia de Urbanização de Curitiba. Atualmente é diretor técnico da Bachmann & Associados – empresa de consultoria voltada para o uso de indicadores e medição de desempenho de processos.

**Nota**

Comentários e contribuições sobre os indicadores propostos serão muito bem recebidos pelos autores ([abtcp37@bachmann.com.br](mailto:abtcp37@bachmann.com.br)).