

GESTÃO DE ESTOQUES DE EQUIPAMENTOS E SOBRESSALENTES PARA TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

Eric Rubens Zanetti

Paulo Sérgio de Arruda Ignácio

Laboratório de Aprendizado em Logística e Transporte – LALT
Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo – FEC
Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP

RESUMO

O objetivo desse artigo é avaliar os níveis de estoque de equipamentos reservas e peças sobressalentes de um almoxarifado instalado ao longo do sistema de transmissão da energia elétrica gerada na Usina de Itaipu. Foram consideradas as regulamentações do setor elétrico, que avaliam a disponibilidade desse sistema em função das receitas obtidas pelo serviço de transmissão de energia elétrica, bem como as sanções pela indisponibilidade do mesmo, sejam elas programadas ou não. Por meio da análise da política de estoques de peças de reposição, que possuem históricos de consumos muito baixos, aplicando-se técnicas de análise dos custos de se manter ou não estoques, bem como das probabilidades de consumo, determinou-se quais itens devem permanecer no estoque, bem como os níveis ideais aderentes ao perfil de consumo. Os resultados obtidos indicaram a possibilidade de se reduzir em 16,28% o valor do estoque atual, além de sugerir alterações em praticamente todos os níveis avaliados.

ABSTRACT

This work aims to evaluate the composition of spare parts and the stock level of backup equipments along the electrical transmission system of the energy generated in Itaipu Hydroelectric Power Plant. It was considered the regulations of the electricity sector that imposes penalties for the unavailability of the system, whether scheduled or not. Through the analysis of spare parts stocks policy, which have a history of very low consumption, applying techniques of analysis of the costs of maintaining or not stocks, and the probabilities of consumption, it was determined which items should remain in stock as well as the optimum amount compatible to the consumption profile. The results indicated the possibility to reduce the current inventory value in 16.28%, as well as suggest changes in almost all evaluated stock levels.

1. INTRODUÇÃO

A geração, a transmissão e a distribuição de energia elétrica são forças motrizes da economia de um país. A energia é essencial para a indústria, comércio e residências e faz parte do cotidiano de todas as pessoas. Ela é intrínseca à vida moderna, passando despercebida na maior parte do tempo, exceto quando, devido a alguma falha do sistema, a energia elétrica deixa de abastecer os mercados consumidores.

O Sistema Elétrico brasileiro possui alto nível de integração. A maior parte das linhas de transmissão e distribuição forma o Sistema Interligado Nacional (SIN), que possui alto grau de interconexões. A geração é predominantemente hidráulica, coexistindo empresas públicas e privadas. O planejamento e a operação são centralizados (ABRADEE, 2015).

De acordo com o Operador Nacional do Sistema (ONS, 2015), apenas 1,7% da energia requerida pelo país encontra-se fora do SIN, que é considerado único no âmbito mundial.

A principal característica de um sistema onde a base de geração da energia elétrica são Usinas Hidrelétricas é a distância entre os centros geradores e os centros consumidores. Essas configurações baseiam-se na instalação de Usinas Hidrelétricas junto aos pontos com diferença de nível dos rios, subestações elétricas elevadoras, linhas de transmissão de energia elétrica, subestações intermediárias, subestações elétricas rebaixadoras e linhas de distribuição

que chegam às residências e estabelecimentos comerciais e industriais, conforme apresentado na figura 01.

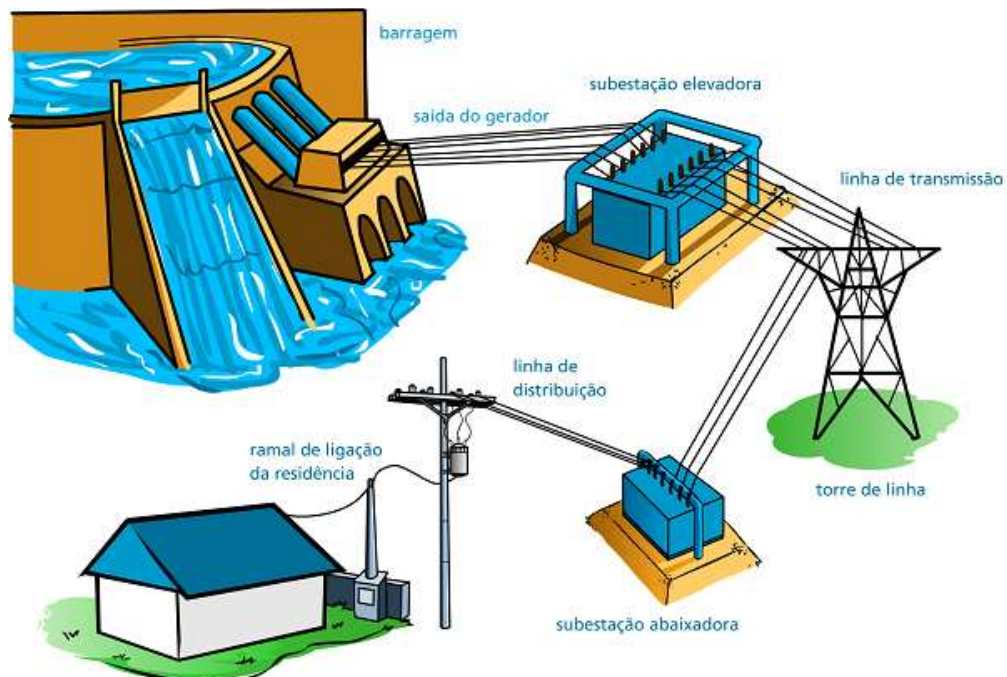


Figura 01: Sistema Elétrico de Potência (Fonte: MUNDO DA ELÉTRICA, 2015)

1.1. Objetivo

O objetivo desse trabalho é analisar, revisar e propor uma política de estoques adequada para os equipamentos e sobressalentes utilizados para a transmissão de energia elétrica, de tal forma a equalizar os níveis de estoque em um dos armazéns secundários de apoio à transmissão, sem prejuízo às regulamentações e ao nível de serviço de atendimento.

1.2. Problema da Pesquisa

Como uma das grandes geradoras/transmissoras de energia elétrica no Brasil, Furnas Centrais Elétricas possui 17 usinas hidrelétricas, 2 termelétricas, 3 parques eólicos, aproximadamente 24 mil quilômetros de linhas de transmissão e 62 subestações (FURNAS, 2015).

Destaca-se o Sistema de Transmissão de Itaipu, apresentado na figura 02, que é constituído por 5 linhas de transmissão que cruzam os estados do Paraná e São Paulo. São 3 linhas de transmissão em corrente alternada em 750.000 Volts e 2 em corrente contínua em ± 600.000 Volts (FURNAS, 2015).

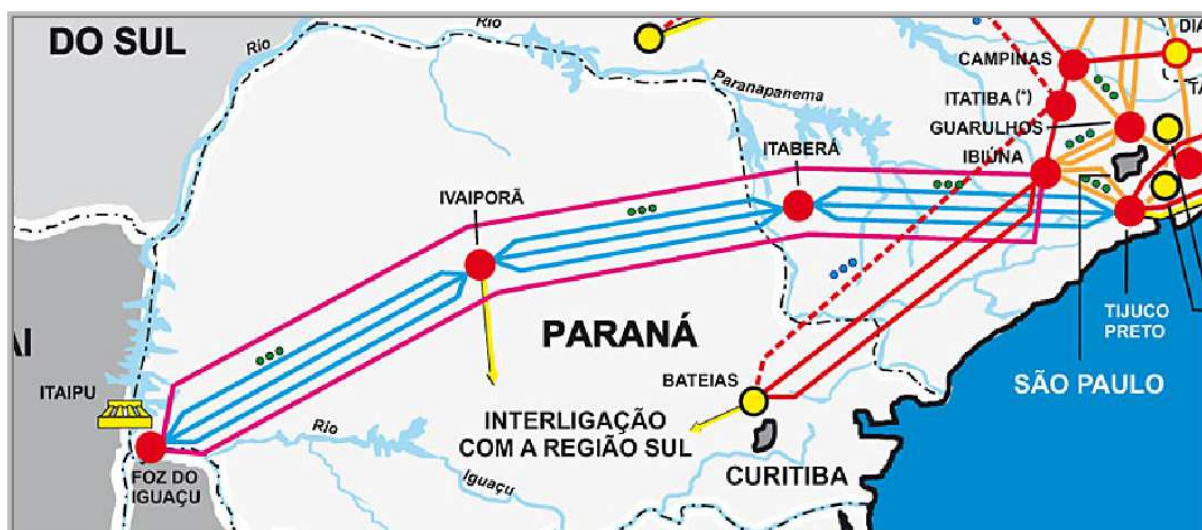


Figura 02: Sistema de Transmissão de Itaipu (Fonte: FURNAS, 2015)

Como a expansão dos sistemas de transmissão ocorreu em momentos diferentes no tempo, cada novo empreendimento surgiu com projetos específicos, o que obriga as empresas a manter estoques de peças de reposição específicos, vinculados às características de projeto de cada local.

Em termos de Planejamento e Operação do Sistema Elétrico, em Junho de 2007 entra em vigor da Resolução Normativa número 270 da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL. Com ela, as empresas do setor elétrico passaram a atender a regras de disponibilidade das instalações. Essas disposições estabelecem limites bastante restritos de indisponibilidades do sistema elétrico, sendo passíveis de descontos que impactam as receitas da empresa.

Em Dezembro de 2012, a Medida Provisória 579 que, em 11 de Janeiro de 2013, transformou-se na Lei número 12.783, permitiu às empresas do setor renovar suas concessões. Porém, com a renovação, os preços de energia passaram a ser regulados pela ANEEL, causando queda significativa das receitas das empresas do setor (ABRADEE, 2015).

Dentro desse novo cenário, Furnas inicia uma reestruturação interna, de modo a rever sua estrutura de custos. As primeiras ações foram cortes nos gastos com pessoal e serviços, permitindo alinhar sua estrutura de custos e buscar novamente a rentabilidade.

A empresa aplicou um Plano de Readequação do Quadro de Pessoal – PREQ, onde parte da mão de obra gerencial e operacional foi desligada por meio de incentivos a aposentadorias.

Do ponto de vista de gestão dos estoques, todas as unidades da empresa que possuíam estoques passaram a responder para a Gerência de Logística de Materiais – GLM.A.

Alinhando-se às novas políticas de custos da empresa, a GLM.A passou a atuar nas definições de onde melhor posicionar esse estoque e qual a quantidade mínima de peças que cada local deverá possuir.

1.3. Justificativa

As atuais mudanças no setor elétrico brasileiro estão forçando as empresas a reverem suas estruturas de custos, de modo a assimilar as quedas de receita provenientes das renovações das concessões, além de minimizar os impactos nessa mesma receita devido às indisponibilidades de suas instalações.

Considerando o tamanho dos estoques de Furnas, faz-se necessário um estudo para avaliar seu nível atual, buscando otimizá-lo de modo a atender a operação do sistema elétrico, evitando indisponibilidades que possam ser convertidas em multas e perdas de receitas.

Os resultados desse estudo identificarão as adequações necessárias para permitir a operação segura do sistema elétrico, dentro de um nível de serviço que permita atingir um ponto de equilíbrio entre os custos de falta e de manutenção dos estoques, definindo quantidades mínimas de acordo com as probabilidades de consumo.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Regulamentações para Transmissão de Energia Elétrica

Diversas regulamentações são aplicadas ao serviço de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica. Para efeito desse trabalho, será considerada a Resolução Normativa número 270 da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, que passou a vigorar em 26 de junho de 2007.

O objetivo dessa resolução é estabelecer disposições relativas à qualidade do serviço público de transmissão de energia elétrica, associada à disponibilidade das instalações integrantes da Rede Básica, que segundo definição do ONS, é composta pelas instalações de transmissão com tensão igual ou superior a 230.000 V ou 230 kV.

Para efeitos dessa resolução, foi definido o conceito de Função de Transmissão – FT. Uma FT é um conjunto de instalações funcionalmente dependentes, compreendendo o equipamento principal e os complementares. As FT's são utilizadas para estabelecer relações entre as receitas e as penalidades por indisponibilidade. As FT's são classificadas em: Linha de Transmissão (LT), Transformação (TR) e Controle de Reativo (CR).

A resolução 270 estabelece que a remuneração das FT's é calculada em função de sua disponibilidade. Função indisponível reduz sua receita permitida. Essa redução é proporcional a fatores definidos pela resolução. Por exemplo, para Outros Desligamentos não programados de uma FT do tipo LT, aplica-se o fator multiplicador $Ko=150$. Se essa FT possui Pagamento Base Mensal (PB) da ordem de R\$ 900.000,00, uma indisponibilidade dessa linha, devido a um motivo não programado (falha de um equipamento, por exemplo), terá um impacto da ordem de R\$ 3.125,00 por minuto que a linha permanecer indisponível para o sistema elétrico, conforme ilustrado na equação (1) a seguir.

$$Desconto = \frac{PB}{30 \cdot 24 \cdot 60} * Ko = \frac{900000}{43200} * 150 = R\$ 3.125,00 \quad (1)$$

2.2. Gestão de Estoques

BALLOU (2006) e CORRÊA (2014) definem estoques como acúmulos de recursos materiais como matérias primas, suprimentos, componentes, materiais em processo e produtos acabados ao longo do canal de produção e logística das empresas.

De acordo com WANKE (2003) as diversas formas de estoque ao longo da cadeia de valor exigem procedimentos diferentes para sua gestão. Em um mundo sem incertezas, as variações desses estoques são totalmente previsíveis. Essa condição, no entanto, é válida apenas para fins ilustrativos. No mundo real, o comportamento é de difícil previsão. Quando consideramos as características do sistema elétrico, diversas variáveis são acrescentadas, o que dificulta ainda mais a modelagem e o planejamento dos estoques.

A manutenção ou não de estoques gera diversas discussões. Na literatura, encontram-se várias justificativas para se manter estoques. Destacam-se as melhorias no serviço ao cliente, redução de custos operacionais, economias de escala (aquisição, transporte), geração de valor e realização de lucros (CORREA *et al.*, 2014; BALLOU, 2006).

Por outro lado, estoques estão sempre associados a custos. A manutenção dos estoques pode representar de 20 a 40% de seu valor ao longo de um ano. Além disso, estoques podem mascarar diversos problemas, que surgem na medida em que seus níveis começam a diminuir (BALLOU, 2006; SANCHES, 2015).

Em linhas gerais, as políticas de estoques sempre buscam minimizá-lo, reduzindo custos de inventário e de oportunidade do capital. REGO (2011) destaca algumas decisões de estoques que devem ser tomadas ao longo do ciclo de vida dos materiais estocáveis, dentre elas destacam-se as decisões de se manter ou não estoque e, a partir da decisão de se manter, como será feito o controle desse estoque.

BALLOU (2006) destaca três classes de custos para determinação de políticas de estoque: custo de aquisição, de manutenção e de falta. Os custos de manutenção possuem subdivisões que englobam o custo de espaço de estocagem, o custo de capital imobilizado no estoque, custos dos serviços de estocagem e os custos dos riscos envolvidos com a estocagem. O custo de falta, no caso de Furnas, pode ser interpretado como o custo da não disponibilidade de seu produto final, a energia elétrica. Nesse caso, regulamentações federais imputam sanções às concessionárias por indisponibilidade do sistema.

A gestão de estoque relaciona as demandas de consumo e suprimento, clientes e fornecedores. Conhecer os parâmetros relacionados a essas demandas permite ao gestor definir os níveis ótimos de estoque, bem como o momento exato de repô-lo. A previsão de demanda é um pré-requisito absoluto para definir esses níveis de estoque, mesmo que elas estejam sujeitas a erros (LOVE, 1979 *apud* REGO, 2011).

Para estoques com características de demanda regular e de alto giro (mais de 300 unidades ao ano) existem várias técnicas utilizando séries temporais para se obter previsões de consumo, dentre as quais, pode-se citar as ferramentas de média móvel, amortecimento exponencial. Além disso, o comportamento deste estoque é aderente à distribuição normal (SANCHES, 2015; WANKE, 2015; NEVES, 2008). Para o caso de Furnas, o consumo dos materiais e equipamentos de seus estoques apresenta características de baixo (entre 1 e 300 peças por ano) e baixíssimo (menor que 1 peça por ano) giro e comportamento irregular. Segundo WANKE (2015) e NEVES (2008), estoques com essas características não são aderentes à distribuição normal e modelos de séries temporais. Nesses casos, existem outras abordagens para se realizar a gestão. Peças de baixo giro são mais aderentes à distribuição de *POISSON*.

Já para peças de baixíssimo giro, a gestão pode ser baseada em análises de custos totais, comparando-se os custos de manter a peça em estoque com o custo decorrente da falta desse item (REGO, 2011; TAVARES e ALMEIDA, 1983 *apud* WANKE, 2012).

2.3. Estoques de Segurança

A decisão de manter ou não estoques é um ponto essencial na estrutura de produção e atendimento das necessidades das empresas. Conforme destaca CORRÊA (2014), na década de 80, diversas empresas sofreram perdas significativas por decisões erradas, buscando as políticas de estoque zero.

Os modelos teóricos de gestão de estoque consideram um comportamento linear de demanda, que consome o estoque com o tempo, limitando as decisões a quanto e quando comprar. No mundo real, não há como considerar o comportamento dos estoques de forma linear. Diversos fatores influenciam no comportamento dos estoques. Demandas e consumo são variáveis, tempos de ressuprimento mudam constantemente, influenciados por diversos fatores ambientais (SANCHES, 2015).

Assim, nem sempre se consegue repor o estoque dentro do tempo de ressuprimento estipulado. Nesses casos, corre-se o risco do estoque terminar antes de ser ressuprido, causando grandes impactos nos processos das empresas.

A forma mais intuitiva de evitar esse tipo de situação é trabalhar com Estoques de Segurança. No entanto, conforme questiona CORRÊA (2014), qual a quantidade de estoque de segurança manter?

Os estoques de segurança existem por causa das incertezas da demanda e do tempo de ressuprimento (SANTOS *et al*, 2006).

REGO (2011) destaca a influência dos erros de previsão nas definições de níveis de estoques de segurança. Erros elevados acabam gerando níveis desnecessários de estoques de segurança.

A partir desse princípio, diversas teorias passam a analisar as incertezas envolvendo as demandas de suprimento e consumo. CORRÊA (2014) apresenta algumas abordagens para análise de demandas trabalhando com dados estimados com base em uma distribuição normal da variação da demanda.

WANKE (2003) e NEVES (2008) tratam das dificuldades em se assumir a distribuição do consumo no tempo de resposta aderente à distribuição normal quando estamos tratando da gestão de peças de reposição de baixo consumo. Como alternativa, é considerado o perfil de consumo aderente à distribuição de *POISSON*, que oferece um entendimento de como diferentes níveis de ponto de pedido e estoque de segurança afetariam a probabilidade de não faltar estoque. Além disso, essa abordagem é útil, pois é discreta, permitindo calcular a probabilidade de um determinado nível de consumo com base na média histórica. Ela pressupõe independência entre eventos e sua variância de consumo é igual ao consumo médio em determinado período.

NEVES (2008) apresenta um estudo comparando a utilização de um sistema de previsão de consumos que utiliza séries temporais e outro baseado na distribuição de *POISSON*. Os

resultados obtidos, utilizando-se dados reais de necessidades de consumo, mostraram vantagens na utilização dos modelos baseados na distribuição de *POISSON*.

Quando se analisa os parâmetros de gestão de estoque aderentes à distribuição normal, o Ponto de Pedido (PP) é descrito como (CORREA *et al.*, 2014):

$$PP = D * TR + FS * \sigma * \sqrt{TR} = D * TR + ES \quad (2)$$

Onde:

- PP:** Ponto de Pedido de reposição;
- D:** Demanda por unidade de tempo;
- TR:** Tempo de ressuprimento;
- FS:** fator de segurança;
- σ :** desvio padrão estimado para a demanda futura;
- ES:** Estoque de Segurança.

Na distribuição de *POISSON*, o Ponto de Pedido pode ser reescrito em termos do consumo médio histórico ($D=\lambda$) e da variância desse consumo ($(\sqrt{\sigma^2 * TR})^2 = \lambda * TR$) (WANKE, 2015):

$$PP = \lambda * TR + k * \sqrt{\lambda * TR} \quad (3)$$

Onde:

- PP:** Ponto de Pedido de reposição;
- λ :** Taxa de consumo histórico por período;
- TR:** Tempo de ressuprimento;
- k:** Fator de segurança;

Por analogia, o Estoque de Segurança (ES) será:

$$ES = k * \sqrt{\lambda * TR} \quad (4)$$

3. MÉTODO

Dentro do contexto analisado, os estoques de Furnas podem ser classificados como estoques de peças de reposição com características de baixíssimo e baixo giro, alto custo e elevado tempo de aquisição, além de impactos significativos quando indisponíveis (WANKE, 2012; WANKE, 2015; NEVES, 2008).

Utilizando essa classificação, considera-se este trabalho como um estudo de caso exploratório das condições do estoque de um dos almoxarifados secundários de Furnas.

3.1. Desenho da Pesquisa

Com a aplicação de diferentes projetos nas diversas subestações de energia elétrica de Furnas, é coerente assumir que a definição dos níveis de estoque desses pontos não utilizou os conceitos teóricos de logística. Além disso, essas definições ocorreram antes do estabelecimento de regulamentações do Setor Elétrico.

A aplicação de metodologias para definição de níveis de estoques ideais, considerando as probabilidades de consumo, bem como os custos por indisponibilidade das FT's influenciarão os níveis atuais desses estoques, modificando seus valores.

A pesquisa se baseou em levantamentos de dados do sistema de planejamento empresarial ERP/SAP® de Furnas, aplicados no local escolhido. Esse levantamento reuniu dados de

consumo dos últimos anos (2014-2015) apenas dos equipamentos e peças de reposição (sobressalentes), excluindo-se os materiais consumíveis, equipamentos de proteção individual (EPI's) e os itens que não apresentaram consumos. Além dos dados de consumo, também foram selecionados os níveis atuais de estoque, considerando os parâmetros de Ponto de Ressuprimento (PP), Estoque de Segurança (ES), Estoque Máximo (Emax), Tempo de Ressuprimento (Lead Time), Aplicação do material no Sistema Elétrico, Valor do Estoque Atual (VEatual), Quantidade em Estoque (Eatual), e Custo de Aquisição (Caq). A tabela 01 ilustra a formatação dos dados levantados por meio do ERP/SAP®, apresentando o exemplo de dois materiais pertencentes ao conjunto considerado na pesquisa.

Tabela 01: Formatação dos dados coletados do sistema ERP/SAP®

Material	Nome	PP	ES	Emax	Lead Time (ano)	Aplicação	Consumo médio	VEatual	Eatual	UF	Custo de aquisição (Caq)
20066279	SILICA GEL	25	0,1	100	0,08	AT01	20,4	R\$ 1.975,92	148	KG	R\$ 13,35
20046485	RELÉ AUXILIAR	2	0,1	8	0,08	Banco Série	12	R\$ 1.487,63	8	PC	R\$ 185,95

Uma vez montada a estrutura de dados coletados, foram aplicados os conceitos de gestão de estoques conforme indicado a seguir.

Para peças de reposição de baixíssimo giro, aplicou-se a análise de custos totais. A abordagem de WANKE (2012) considera o custo total associado à política de não se manter uma peça em estoque como:

$$CTO = \lambda * (CTR + Cip) \quad (5)$$

Onde:

- CTO:** Custo Total de não manter peça em estoque;
- λ :** Taxa de consumo histórico por ano (peça/ano);
- CTR:** Custo Total de ressurgimento da peça (R\$);
- Cip:** Custo de Indisponibilidade e Penalidade.

Já o custo de se manter uma peça em estoque é dado pela equação a seguir:

$$CT1 = [FTECE * Caq * i] + [CTR * \lambda] + [(Cip * \lambda) * (1 - FTECE)] \quad (6)$$

Onde:

- CT1:** Custo Total de manter uma peça em estoque;
- λ :** Taxa de consumo histórico por ano (peça/ano);
- CTR:** Custo Total de ressurgimento da peça (R\$);
- Caq:** Custo unitário de aquisição da peça (R\$);
- TR:** Tempo de resposta do pedido (meses);
- i:** Taxa de oportunidade de capital (% ao ano);
- Cip:** Custo de Indisponibilidade e Penalidade;
- FTECE:** Fração de Tempo Esperada com estoque.

$$FTECE = \frac{1}{(1 + \lambda * TR)} \quad (7)$$

O balanço entre os custos **CTO** e **CT1** indica a estratégia de se manter ou não uma peça em estoque.

Para peças de reposição de baixo giro, considerou-se a aderência da demanda à distribuição de *POISSON*. Na abordagem de WANKE (2015) a probabilidade de haver x consumos de peças em um determinado período é dada por:

$$p_x(t) = \frac{(\lambda * t)^x * e^{-(\lambda * t)}}{x!} \quad (8)$$

Onde:

λ : Taxa de consumo histórico por ano (peça/ano);

x : Consumo de peças de reposição por intervalo de tempo cuja probabilidade se deseja estimar.

A análise da probabilidade de consumo das peças de baixo giro, aliada ao nível de serviço que a empresa considera ideal, indica os níveis de estoque máximo (E_{max}) que a empresa deve adotar.

O cálculo do Ponto de Ressuprimento (PP) foi obtido utilizando também a equação (8), considerando a probabilidade de não haver falta de estoque durante o tempo de resposta. Define-se qual a probabilidade desejada de não haver falta nesse período e testa-se por meio de um procedimento iterativo (WANKE, 2003).

Após a obtenção do PP, calcula-se o fator k utilizando a equação (3) e, finalmente, por meio da equação (4), é obtido o valor de ES.

As abordagens foram modeladas em planilhas do *Excel*®. O comparativo entre os níveis atuais com os níveis propostos permitiram equacionar os estoques de peças de reposição do local escolhido.

4. APLICAÇÃO PRÁTICA

4.1. Situação Atual

Os estoques de Furnas foram constituídos, em sua maioria, baseados na indicação de porcentagem das peças de reposição dos equipamentos instalados em suas subestações.

O eixo de transmissão da energia elétrica de Itaipu é composto das seguintes Subestações, além do Centro de Distribuição localizado em Campinas:

- Subestação de Foz do Iguaçu;
- Subestação de Ivaiporã;
- Subestação de Itaberá;
- Subestação de Ibiúna;
- Subestação de Tijuco Preto.

A posição desses estoques em Agosto de 2015 é mostrada na Tabela 02.

Tabela 02: Posição dos Estoques do Sistema de Transmissão de Itaipu e Campinas

Local	Quantidade itens
Foz do Iguaçu	5709
Ivaiporã	1806
Itaberá	1343
Ibiúna	6132
Tijuco Preto	2684
Campinas	19426
TOTAL	37100

No local escolhido para esse estudo de caso, aplicando-se as exclusões de materiais consumíveis, equipamentos de proteção individual e itens que não apresentaram consumo no período, foram considerados 113 itens. Essa quantidade representa, aproximadamente, 24% do valor total do estoque dessa unidade.

Nos parâmetros do Sistema ERP/SAP®, é considerado o nível de serviço de 99%. No entanto, esse valor não está padronizado para todos os códigos de peças de reposição. Outro fator importante para as análises está relacionado com o valor de estoque dos itens, que muitas vezes são representados por centavos de Real. Essa situação justifica-se pela depreciação dos itens, bem como pela agregação de materiais oriundos de sobras de obras de construção. Independente de muitos itens não refletirem os valores reais de mercado, essa condição não foi alterada, já que o trabalho busca comparar a situação atual com a proposta após aplicação da metodologia.

4.2. Situação Proposta

Para as peças com baixíssimo giro, apenas 1 item apresentou consumo entre 0 e 1 peça por período. Aplicando-se as equações (5) e (6), os resultados apontaram para a manutenção do item em estoque, conforme ilustrado na Tabela 03.

Tabela 03: Análise de Peça de Reposição com baixíssimo giro

Peça Reposição	TR (ano)	λ	Caq (R\$ \times 1000)	CTR (R\$ \times 1000)	Cip (R\$ \times 1000)	CT0 (R\$ \times 1000)	CT1 (R\$ \times 1000)	Decisão
Módulo Eletrônico	0,5	0,5	144	10.000	242.911	121.460	24.303	Manter

Para as peças de baixo giro, foram selecionados 112 itens. Com o auxílio do *Excel*®, aplicou-se a equação (8), por meio da função “*POISSON(Probabilidade; λ ;FALSO)*”, calculando as probabilidades de consumo individuais. A observação dos resultados mostrou que as maiores probabilidades individuais encontravam-se abaixo do acumulado de 90%. Após avaliação com os profissionais de logística do Centro de Distribuição Campinas, foi definido o nível de serviço de 90% como sendo parâmetro para as análises do trabalho. O valor de consumo definido com a probabilidade acumulada de 90% define o valor do Emax.

O Ponto de Ressuprimento (PP) foi definido em função da probabilidade desejada de não haver falta de estoque durante o tempo de resposta, assim, também foi utilizada a distribuição de *POISSON*, por meio da função do *Excel*® com os seguintes parâmetros “*POISSON(PP+ES; λ *TR;VERDADEIRO)*”.

A Tabela 04 ilustra alguns resultados obtidos ao se aplicar a metodologia.

Tabela 04: Análise de Peças de Reposição com baixo giro

Item	Peça Reposição	TR (ano)	λ	Eatual atual	ES atual	PP atual	Emax atual	Eatual proposto	ES proposto	PP proposto	Emax proposto
1	Abraçadeira	0,12	200	200	0,1	300	1000	218	7	31	218
2	Anel Vedação	0,33	5	0	0,1	3	6	8	2	3	8
3	Sílica Gel	0,08	20,4	148	0,1	25	100	26	2	3	26
4	Lubrificante	0,08	4,4	15	0,1	8	18	7	1	1	7
5	Chave Teste	0,17	4	7	0,1	2	6	7	2	2	7
6	Módulo Eletrônico	0,50	6	6	0,1	2	6	9	2	5	9
7	Solvente	0,08	10	0	0	20	40	14	2	2	14

O valor Eatual proposto é igual ao Emax proposto. Essa informação foi utilizada para se calcular as diferenças financeiras da proposta de ajuste das quantidades em estoque atualmente.

4.3. Análise dos Resultados

Foram analisados 113 itens, dos quais 1 item foi considerado de baixíssimo giro e 112 de baixo giro.

Para o item de baixíssimo giro, a decisão foi a manutenção do estoque, conforme ilustrado na Tabela 03. A análise apontou que o custo da falta (CT0) foi 5 vezes maior que o custo de manutenção do estoque (CT1). Esse resultado reflete as altas penalidades impostas pela Resolução ANEEL 270 para os casos de indisponibilidade do sistema elétrico.

Para cada um dos 112 itens de baixo giro, foi aplicada a análise da distribuição de *POISSON*, observado as probabilidades individuais e acumuladas. Considerou-se o valor de 90% da Probabilidade Acumulada como sendo o fator determinante do parâmetro de Estoque Máximo (Emax).

A figura 03 ilustra os resultados para um Módulo Eletrônico. Os parâmetros dessa peça estão representados no Item 6 da Tabela 04. O Emax ficou definido em 9 peças, ponto em que a Probabilidade Acumulada de Consumo atinge o nível de 90%.

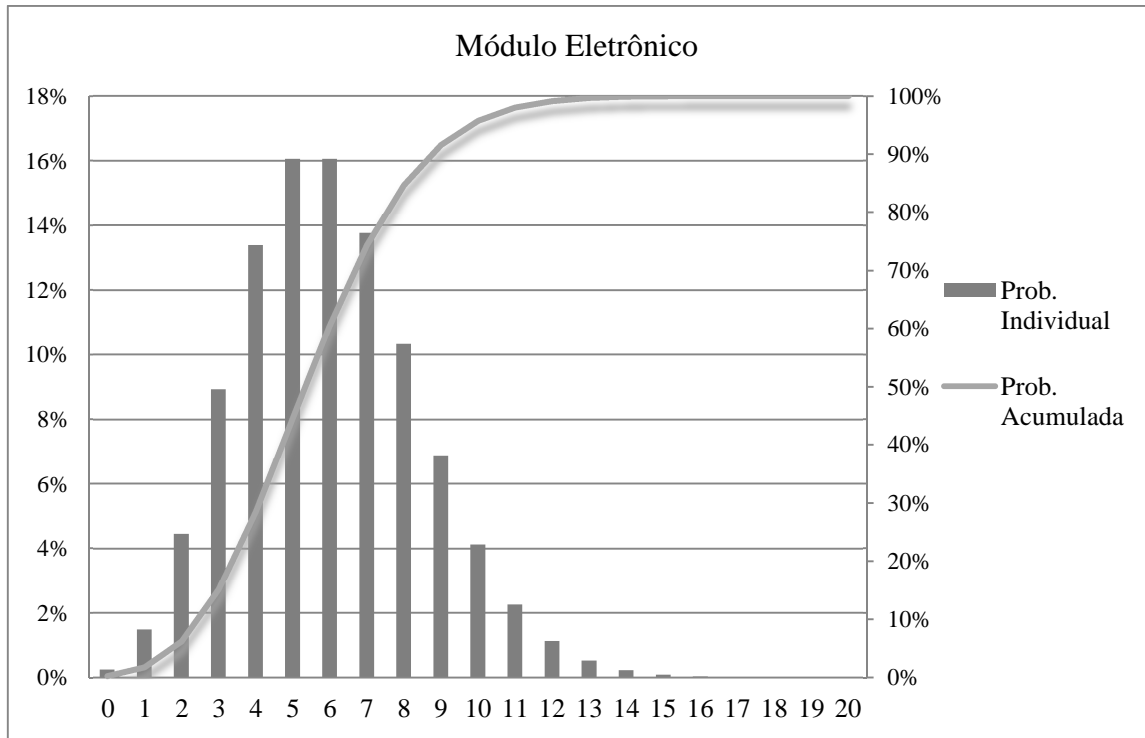


Figura 03: Análise de *POISSON* para um Módulo Eletrônico (Item 6 – Tabela 04)

No cálculo do Ponto de Ressuprimento (PP) aplicou-se a mesma formulação do *Excel*®. Considerou-se o parâmetro $\lambda * TR = 3,00$. O resultado da análise é ilustrado na Figura 04. No ponto do gráfico onde a Probabilidade Acumulada atinge o valor de 90%, obtém-se o valor de $PP + ES = 5,00$ peças.

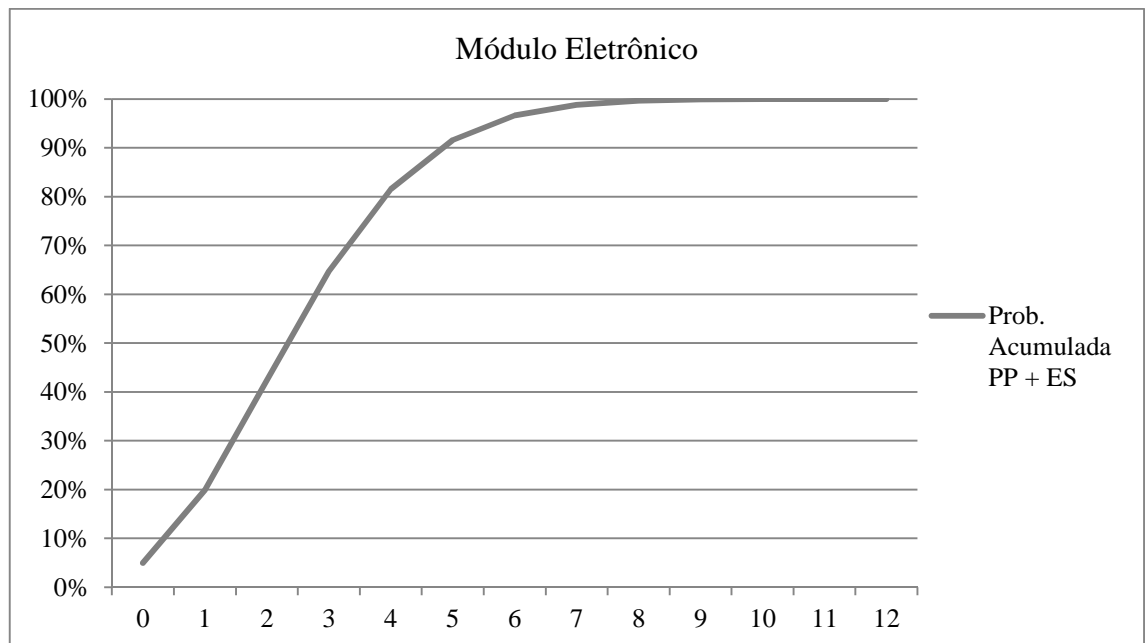


Figura 04: Análise do Ponto de Ressuprimento (PP) para um Módulo Eletrônico

Uma vez definido o valor de $PP+ES = 5,00$ peças, aplica-se a equação (3) para obtenção do valor k , que no caso ilustrado é igual a $1,15$. Aplicando-se a equação (4), obtém-se o valor de $ES=2,00$ peças.

A análise dos 112 itens de peças de reposição de baixo consumo resultou nos valores apresentados na Tabela 05.

Tabela 05: Propostas de Alterações nos Parâmetros do Estoque Analisado

Propostas de Alteração Parâmetro Emax	98 alterações
Quantidade de unidades aumentadas em Emax	386 unidades
Quantidade de unidades reduzidas em Emax	2256 unidades
Propostas de Alteração Parâmetro PP	97 alterações
Quantidade de unidades aumentadas em PP	141,40 unidades
Quantidade de unidades reduzidas em PP	1215,00 unidades
Propostas de Alteração Parâmetro ES	106 alterações
Quantidade de unidades aumentadas em ES	155,41 unidades
Quantidade de unidades reduzidas em ES	39 unidades
Propostas de alteração Estoque Atual	104 alterações
Propostas de aumento Estoque Atual	72 unidades
Propostas de redução Estoque Atual	32 unidades
Valor aumento Estoque Atual	R\$ 67.277,61
Valor redução Estoque Atual	R\$ 91.541,09

Para o parâmetro Estoque Máximo (Emax), a análise apontou 98 alterações nos 112 itens de baixo consumo estudados. Essas alterações representaram incrementos de 386 unidades e reduções de 2256 unidades. Esse resultado indica que em muitos itens, o nível máximo de estoque estava sobre dimensionado.

Para o parâmetro Ponto de Ressuprimento (PP), a análise apontou 97 alterações nos 112 itens de baixo consumo estudados. Essas alterações representaram incrementos de 141,40 unidades e reduções de 1215 unidades. Esse resultado está alinhado com a análise do Emax, uma vez que a redução dos níveis máximos de estoque provocará, automaticamente, a redução dos seus Pontos de Ressuprimento.

O parâmetro Estoque de Segurança (ES) foi o que apresentou maior número de alterações, totalizando 106 mudanças. A análise dos dados atuais mostrou que a grande maioria dos itens estudados não possuíam valores para esse parâmetro. As alterações representaram incrementos de 155,41 unidades e reduções de 39 unidades.

A análise do parâmetro Estoque Atual (Eatual) propôs 104 alterações, com um incremento de 72 unidades contra reduções de 32 unidades. Transformando essas alterações em valores de estoque, temos um incremento de R\$ 67.277,61 e uma redução de R\$ 91.541,09. O balanço final representa uma redução de R\$ 24.263,47, ou 16,28% do valor total do estoque selecionado.

A Figura 05 ilustra a proposta de alterações no parâmetro Eatual, comparando a situação atual com a proposta após a aplicação da metodologia.

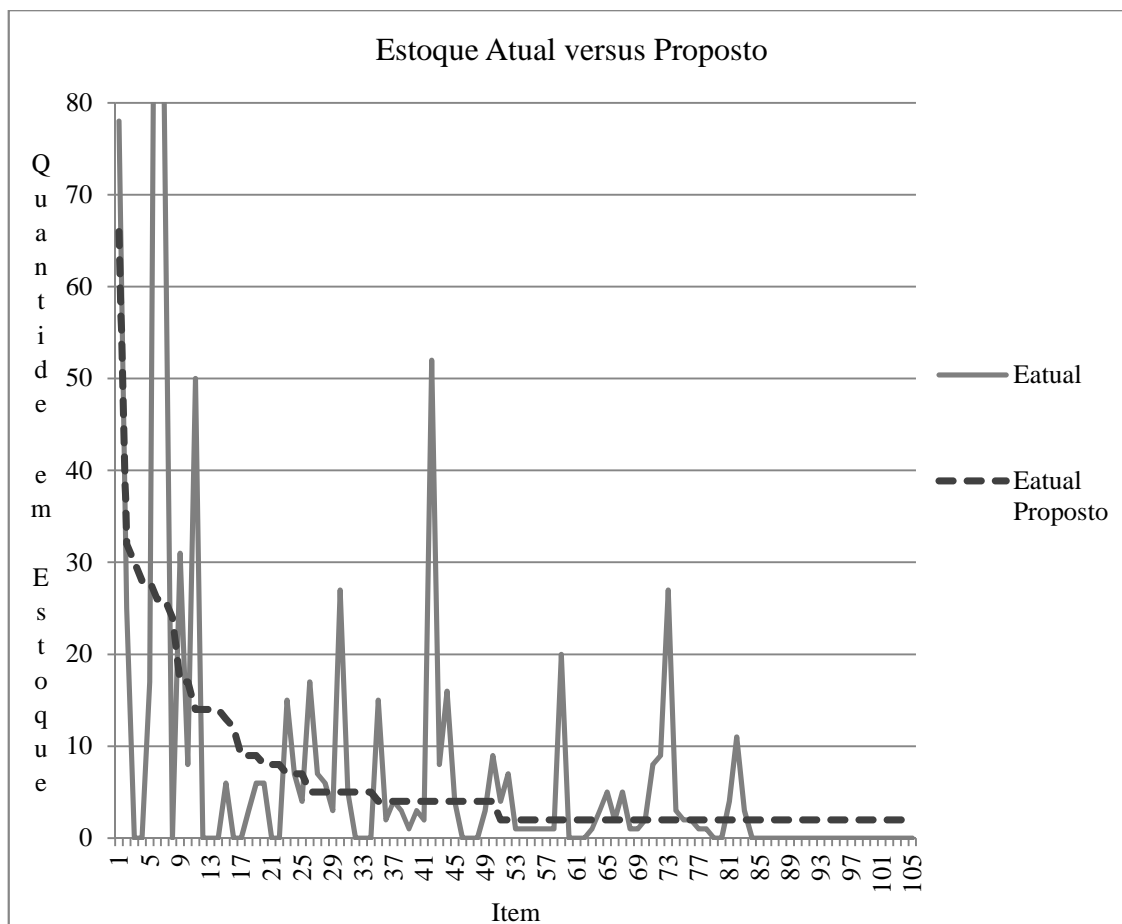


Figura 05: Comparativo do Parâmetro Estoque Atual (Eatual)

5. CONCLUSÕES

Os estoques estudados possuem baixos índices de consumo médio, caracterizando-os como estoque de baixo e baixíssimo giro. Suas demandas de consumo não são aderentes à distribuição normal, gerando a necessidade de busca por alternativas de análises para facilitar a gestão de seus níveis. A literatura disponível sugere a utilização da distribuição de *POISSON* e das análises de custos totais.

Conforme previsto, a aplicação de metodologias de análises dos níveis de estoque gerou uma alta taxa de alteração dos parâmetros utilizados atualmente na amostra selecionada. Esse resultado demonstra que havia um desbalanceamento dos níveis de estoque praticados. A Figura 05 mostra a comparação da situação do Estoque Atual com a proposta, ilustrando essa condição.

As alterações nos parâmetros de Estoque Atual mostram que a empresa poderia obter uma redução de 16,28% no valor desse estoque com relação ao seu valor inicial, o que está coerente com suas políticas de redução de custos. Além do Estoque Atual, a adequação dos níveis de Estoque Máximo, Pontos de Ressuprimento e Estoque de Segurança apontaram para

redução no número de unidades em estoque. Essas reduções também estão coerentes com as novas políticas de redução de custos, já que, além da diminuição do valor em estoque também contribuem para a adequação de custos de aquisição e de processos administrativos.

O estudo se mostrou promissor, já que a metodologia passa a considerar as características diferenciadas do estoque de Furnas, bem como agregar as imposições legais para indisponibilidades do sistema.

O estudo também permitiu a abertura de novos campos de pesquisa, destacando-se oportunidades de estudos complementares considerando definições de lotes mínimos de compras, que, associados às exigências legais podem gerar ganhos com redução de custos administrativos dos processos aquisitivos. As reduções e/ou incrementos de itens em estoque, também fornecem parâmetros para estudos no campo de ocupação de almoxarifados e melhor reaproveitamento das áreas existentes.

Embora tenha sido considerado um nível de serviço fixo de 90%, esse campo pode ser mais explorado após a avaliação da amostra inicial. Avaliações de níveis de serviço podem ser associadas às implicações das legislações sobre disponibilidade dos serviços de transmissão de energia elétrica. Estudos focados em métricas para determinação de níveis de serviço, considerando as características de cada equipamento e almoxarifado da empresa, podem permitir a adoção de níveis de serviços variáveis, coerentes com as demandas das áreas de operação e manutenção do sistema elétrico e das implicações legais associadas a esses equipamentos.

A aplicação da metodologia em outros almoxarifados da empresa implicará na necessidade de estudos para criação de indicadores de acompanhamento, de modo a permitir uma avaliação da efetividade das alterações quando aplicadas a amostras maiores.

Aliando conceitos de localização de estoques e transportes, os ganhos podem ser ampliados, permitindo também a redução dos custos logísticos de armazenagem e transporte de materiais.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRADEE - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE DISTRIBUIDORES DE ENERGIA ELÉTRICA. *Visão Geral do Setor*. Disponível em < <http://www.abradee.com.br/setor-eletrico/visao-geral-do-setor> >. Acesso em: 24.ago.2015.
- ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. *Resolução Normativa Nº 270 de 26 de Junho de 2007*. Disponível em < <http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2007270.pdf> >. Acesso em: 30.ago.2015.
- BALLOU, R. H. Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos/Logística Empresarial. 5ª Edição. Porto Alegre. Bookman, 2006.
- CORRÊA, H. L. *Administração de Cadeias de Suprimento e Logística: o Essencial*. São Paulo. 1ª Edição. Atlas, 2014.
- CORRÊA, H. L.; GIANESI, I. G. N.; CAON, M. *Planejamento, Programação e Controle da Produção*. 5ª Edição. São Paulo. Atlas, 2014.
- FURNAS. *A empresa>>Quem somos*. Disponível em <<http://www.furnas.com.br/frmEMQuemSomos.aspx>>. Acesso em: 24.ago.2015.
- MUNDO DA ELÉTRICA. *Um pouco mais sobre o Sistema Elétrico de Potência (SEP)*. Disponível em < <http://www.mundodaeletrica.com.br/um-pouco-mais-sobre-o-sistema-eletrico-de-potencia-sep/>>. Acesso em: 30.ago.2015.
- NEVES, G.; DIALLO, M.; LUSTOSA, L.J. *Previsão de Estoques de Peças Eletrônicas Sobressalentes*. XXVII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. Rio de Janeiro. Outubro 2008.
- ONS – OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO. *O que é o SIN – Sistema Interligado Nacional*. Disponível em <http://www.ons.org.br/conheca_sistema/o_que_e_sin.aspx>. Acesso em: 24.ago.2015.

- REGO, J. R.; MESQUITA, M. A. *Controle de Estoque de Peças de Reposição: Uma Revisão da Literatura*. PRODUÇÃO, v. 21, n. 4, p. 645-655, out-dez 2011.
- SANCHES, L. M. *Notas de aula da disciplina FEC 616 – Planejamento Integrado dos Estoques e da Produção do Curso de Especialização em Gestão da Cadeia de Suprimento e Logística – FEC – 600*. Campinas. Unicamp, 2015.
- SANTOS, A. M.; RODRIGUES, I. A. *Controle de Estoques de Materiais com Diferentes Padrões de Demanda: Um Estudo de Caso em uma Indústria Química*. GESTÃO E PRODUÇÃO, v. 13, n. 2, p. 223-231, maio – ago 2006.
- WANKE, P. *Gestão de estoques na cadeia de suprimento: decisões e modelos quantitativos*. São Paulo. Atlas, 2003.
- WANKE, P. *Mapas de estoque aplicados à gestão de peças de reposição*. Tecnológica Online. Disponível em <<http://www.tecnologica.com.br/artigos/mapas-de-estoque-aplicados-a-gestao-de-pecas-de-reposicao/>>. Acesso em: 23.set.2015.
- WANKE, P. *Quadro Conceitual para Gestão de Estoques: Enfoque nos Itens de Baixo Consumo*. GESTÃO E PRODUÇÃO, v. 19, n. 4, p. 677-687, 2012.