



PREVISÃO DE DEMANDA E REPOSIÇÃO DE NUMERÁRIO EM UMA REDE DE CAIXAS-ELETRÔNICOS

Rodrigo de Carvalho Paixa (Poli - USP)
rodrigodecpaixa@gmail.com

Marco Aurélio de Mesquita (Poli - USP)
marco.mesquita@poli.usp.br

Este trabalho foi desenvolvido numa empresa do ramo de automação bancária visando aprimorar a gestão do numerário em caixas eletrônicos. A dificuldade do problema está na grande incerteza dos saques nos caixas eletrônicos, que apresentam variações referentes às datas consideradas, como os dias da semana, feriados e pagamentos de acordo com o dia útil do mês. Nas agências com mais de um caixa eletrônico, a demanda por numerário também varia conforme o tipo de equipamento e a localização na agência. Este artigo apresenta um modelo de regressão múltipla com variáveis dummy para a previsão de demanda diária nos caixas, que permite identificar os eventos que afetam a demanda. A partir da avaliação dos erros de previsão do modelo, determinam-se os estoques de segurança. Então, a reposição é feita considerando o nível de estoque atual, a previsão de demanda no período entre revisões e o estoque segurança necessário. O modelo de previsão e reposição proposto foi testado por simulação, com dados de saque diários em ATM's de uma agência selecionada. Pela simulação, obteve-se uma redução média dos níveis de estoque de 13%, mantendo um nível de serviço de 98%. Além disso, a proposta de solução foi considerada bastante satisfatória por propiciar a automação do processo de gerenciamento do numerário.

Palavras-chaves: Reposição de Estoques, Previsão de Demanda, Regressão Linear, Automação Bancária

1. Introdução

Os caixas-eletrônicos, ou ATM's (*Automated Teller Machines*), foram concebidos para possibilitar aos clientes dos bancos a realização de transações bancárias de maneira autônoma, sem a presença de um servidor bancário. Assim, o ATM é um recurso oferecido pelo banco para tornar mais eficiente o atendimento bancário, reduzir custos com recursos humanos e aumentar a disponibilidade geográfica e temporal do serviço bancário para os seus clientes. Entre as transações mais realizadas em um ATM estão: o saque de numerário, a consulta de saldo de conta corrente ou poupança, a impressão de extratos, o pagamento de contas, o depósito de numerário em envelopes e a impressão de talões de cheques. Dentre estas, a retirada de numerário é a transação mais utilizada e que só é possível a partir de um complexo processo de gerenciamento de estoques de cédulas nos ATM's.

No Brasil, há cerca de 160.000 caixas-eletrônicos de diferentes bancos, operando em todos os estados. Comumente, o próprio banco gerencia esses estoques ou então, quando terceiriza a operação da rede de caixas-eletrônicos, uma empresa assume a manutenção dos equipamentos e o processo de controle de estoques. Para garantir o nível de serviço desejado no que diz respeito à disponibilidade de numerário em ATM's, o processo de gerenciamento de estoques envolve custos de transporte e estoque. Reduzir esses custos sem sacrificar o nível de atendimento ao cliente constitui uma tarefa desafiante, principalmente em virtude da grande incerteza da demanda (saques) dos clientes.

No processo de abastecimento de caixas-eletrônicos, normalmente utiliza-se a reposição periódica, com intervalos de revisão predeterminados em função da roteirização da frota de carros fortes utilizada para este fim. Com intuito de reduzir os custos de falta e de excesso de dinheiro nos ATM's, utiliza-se uma previsão de demanda de curtíssimo prazo e a informação sobre o nível de estoque para o cálculo dos montantes necessários. Assim, com uma boa previsão, pode-se operar em um nível de estoque mais equilibrado. No entanto, a previsão de demanda diária é dificultada por uma variação muito acentuada dos saques de numerário nos ATM's. Esse comportamento aleatório é acentuado por fatores sazonais, como o dia da semana, dia do mês, dia útil, feriados, pagamentos de salários, entre outros.

Diante dos pontos citados, o objetivo deste trabalho é desenvolver um modelo de previsão de demanda que contribua para a melhoria da reposição de estoques de numerário em uma rede de ATM's, incluindo os efeitos sazonais da demanda. Neste trabalho, será adotado um modelo de reposição periódica com períodos entre reposições já definidos nos roteiros contratados com as transportadoras de valores.

Definidos o problema e o objetivo do trabalho, a próxima seção apresenta uma revisão bibliográfica sobre previsão de demanda e reposição de estoques. Em seguida, na seção 3, será apresentado um detalhamento do problema, o desenvolvimento do modelo de reposição de estoques com previsão de demanda e sua validação no caso de uma agência bancária típica, com múltiplos ATM's. Na seção 4, os resultados obtidos por simulação com dados reais desta agência são apresentados e discutidos. Por fim, a seção 5 encerra o artigo com as conclusões e possíveis desdobramentos do trabalho.

2. Revisão Bibliográfica

Conforme Ballou (2001), é possível dividir os métodos de previsão em três grandes grupos: qualitativo, projeção histórica e causal, e esses grupos apresentam diferenças em termos de

precisão e acurácia de acordo com o horizonte de previsão, nível de sofisticação do modelo, adequação ao uso e base de dados necessária.

Os métodos qualitativos de previsão são aqueles que utilizam o julgamento e a experiência das pessoas, baseando-se em estimativas, opiniões e informações subjetivas. São comumente empregados em planejamentos de nível tático.

A projeção histórica é uma classe de modelos que se baseiam na premissa de que o padrão de demanda passado se reproduzirá no futuro, incluindo tendências e variações sazonais. Neste caso, não há uma preocupação em se conhecer quais são as causas da demanda. Podem-se citar como modelos de projeção os modelos da média móvel, suavização exponencial, decomposição clássica, entre outros.

A previsão causal presume que o comportamento da demanda pode ser explicado por variáveis independentes, que explicam parte da variação da demanda e permitem prevê-la em diferentes cenários expressos nos valores destas variáveis independentes.

De acordo com Draper (1966), as variáveis consideradas em regressão usualmente assumem valores contínuos. No entanto, ocasionalmente, devemos introduzir um fator qualitativo que possui um ou mais níveis distintos e, neste caso, podemos utilizar as variáveis *dummy* para indicar estes níveis. Conforme Makridakis *et al* (1983), as variáveis *dummy* possibilitam, por exemplo, utilizar uma variável binária para identificar a ocorrência de um evento que afeta o comportamento da demanda.

Hanke & Reitsch (1998) tratam em profundidade o problema de previsão de demanda e os diferentes modelos existentes na literatura. Um exemplo específico de aplicação de modelos de regressão na gestão de numerário é apresentado em Miller *et al* (1985).

Um segundo aspecto desta revisão diz respeito aos modelos de reposição de estoques, que podem ser classificados em ativos e reativos (Santoro, 2006). Os modelos ativos utilizam diretamente as informações de previsão de demanda para a tomada de decisões sobre a reposição de estoque. No modelo de reposição periódica ativo, as reposições de estoque são feitas em períodos fixos, considerando o nível de estoque e uma previsão de demanda futura.

Os modelos reativos não utilizam previsão de demanda, podendo ser periódicos, como a Reposição de Máximo Periódica, ou contínuos, como o Lote Fixo Contínuo ou a Reposição de Base Contínua. Nesses modelos reativos, a decisão ocorre em função do nível de estoque no momento da tomada da decisão, utilizando alguns parâmetros como estoque máximo, ponto de pedido, lote fixo etc. Estes modelos são discutidos em detalhe em Silver *et al* (1998).

3. Desenvolvimento

3.1 Caso Diebold Procomp

A Diebold Procomp é uma empresa norte-americana, líder mundial no ramo de automação bancária. Entre as atividades principais estão a fabricação de caixas-eletrônicos e os serviços prestados na operação das redes de ATM's de seus clientes. Com relação ao serviço de operação da rede, a empresa fica responsável pelo monitoramento à distância dos caixas-eletrônicos, pela manutenção dos equipamentos, pelo processamento das transações bancárias e ainda pelo gerenciamento do numerário. Assim, um cliente que adquire caixas-eletrônicos da empresa, pode terceirizar toda a operação dessa rede de auto-atendimento.

Na Diebold Procomp, o setor Gestão de Numerário é o responsável por planejar os abastecimentos em ATM's, contratar as empresas transportadoras de valores e controlar o

saldo nos equipamentos. Assim, uma equipe de analistas realiza a previsão de demanda e calcula as necessidades de numerário para uma rede de caixas eletrônicos, que são abastecidos por uma frota de carros-fortes com roteiros pré-determinados. Dessa forma, conhecendo-se o saldo de numerário de cada ATM no dia anterior e tendo a previsão de demanda para o período seguinte, os analistas da Gestão de Numerário determinam a quantidade a ser suprida em cada caixa eletrônico. No Brasil, a Diebold Procomp presta este serviço para alguns clientes, totalizando mais de 3.000 ATM's, com perspectiva de conquistar novos clientes e dobrar o número de caixas-eletrônicos monitorados em 2008.

No planejamento dos abastecimentos, a eficiência e a qualidade dos resultados da previsão de demanda são fundamentais para que se possa oferecer uma disponibilidade de numerário em ATM's satisfatória aos clientes, sem acarretar em custos altos de estoques. Além disso, prever a demanda diária para 3.000 caixas-eletrônicos sem um modelo matemático, como ocorre atualmente, implica em um grande esforço por parte dos cerca de trinta analistas que atuam no setor de gestão de numerário.

Neste trabalho, será feita a validação do modelo em um piloto referente à agência STN, que dispõe de sala de auto-atendimento com 11 ATM's. Com base nos dados desta sala, será feita uma análise da demanda e a calibração dos modelos de previsão e reposição de estoques. Por motivo de segurança, os nomes do banco e da agência bancária não serão divulgados.

3.2 Reposição de Estoques

Na reposição de numerário, há algumas restrições importantes a serem observadas. Por exemplo, as datas e horários de abastecimento dos ATM's estão predeterminados; as quantidades a serem abastecidas devem ser informadas às transportadoras com um dia de antecedência. Na STN, os abastecimentos são feitos as segundas e quintas-feiras, caracterizando a opção por um modelo de Reposição Periódica.

Os pedidos de abastecimento são enviados às transportadoras no final do dia anterior ao abastecimento. Por isso, é possível considerar o saldo final do dia referente ao pedido. Para os pedidos feitos nas segundas-feiras, para serem atendidos nas terças, o horizonte de previsão é de quatro dias, já que o estoque deve atender até o próximo abastecimento, que será realizado na sexta. Para os pedidos feitos nas quintas, o horizonte de previsão é de cinco dias.

O cálculo das necessidades remessas da ATM k ($k = 1, \dots, 11$) pode ser feito pelas equações (1) e (2) abaixo, onde os dias da semana são indicados pelo índice j ($j=1$ para domingo, $j=2$ para segunda-feira, ...).

$$\text{Lote}_{2,3}^k = \text{Prev}_3^k + \text{Prev}_4^k + \text{Prev}_5^k + \text{Prev}_6^k - \text{EstoqueFinal}_2^k + \text{EstSeg}^k \quad (1)$$

$$\text{Lote}_{5,6}^k = \text{Prev}_6^k + \text{Prev}_7^k + \text{Prev}_1^k + \text{Prev}_2^k + \text{Prev}_3^k - \text{EstoqueFinal}_5^k + \text{EstSeg}^k \quad (2)$$

Para o estoque de segurança dos ATM's, será utilizado um valor igual a duas vezes o erro absoluto médio da previsão para o período (EAM), podendo-se assim obter um nível estimado de atendimento próximo a 98%, nível este satisfatório e muito próximo do nível de serviço atual, que é de 98,1%.

3.3 Previsão de Demanda

A análise de dados e o desenvolvimento do modelo de previsão de demanda são feitos a seguir, com dados referentes à agência STN, que possui 11 ATM's. Primeiramente, será elaborado um modelo que preveja os saques por local (agência ou quiosque), para, em seguida, determinar a previsão em cada ATM por rateio.

Figura 3.2 - Demanda diária em função do dia útil do mês, jan 2005 a jul 2006.

É interessante observar na Figura 3.2, que o total sacado no quinto dia útil varia em torno de uma média mais elevada que as médias dos demais dias úteis do mês. Alguns dias próximos ao quinto dia útil também apresentam uma média de saques elevada. Dessa forma, o dia útil parece ser uma variável importante para a definição do modelo de previsão de demanda.

No processo atual, os analistas que realizam essa atividade diária de previsão adquiriram, pela experiência, uma boa sensibilidade para perceber as causas dessas variações. De qualquer modo, o que chama atenção neste tipo de problema de previsão é que se mostram muito importantes as sazonalidades na elaboração do modelo de previsão. Por isso, precisa-se de um método que seja capaz de perceber as informações conhecidas das datas, como dia da semana, dia útil, dia de pagamento, feriado, véspera de feriado, ponte de feriado etc, para produzir uma previsão satisfatória.

Da revisão bibliográfica, o modelo de Regressão Múltipla com Variáveis “Dummy” se mostra adequado porque as variáveis *dummy* permitem a formulação de uma equação de previsão a partir da identificação de atributos de cada data. Essas variáveis indicam se a causa do comportamento da demanda ocorre ou não. No período histórico, todos os feriados são identificados no modelo, permitindo que se defina uma variável *dummy* para essa sazonalidade. Caso o dia que se deseja prever seja identificado também como feriado, o coeficiente calculado será utilizado na previsão.

Dessa forma, esse modelo foi o escolhido para realizar a previsão de demanda. No entanto, uma análise é necessária para calibrar o modelo, identificando as variáveis mais importantes e a contribuição destas variáveis na formação da demanda. As variáveis analisadas são apresentadas a seguir:

Notação:

y = Valor previsto de saque no dia t para a agência

K = constante

t = tempo (variável inteira)

c_i = coeficiente das variáveis, com i = 0, 1, 2, 3, 4, 5, ..., 34.

Variáveis binárias:

$$S_j = \begin{cases} 1 & \text{se a data é o } j\text{-ésimo dia da semana, com } j = 1, 2, \dots, 7 \text{ (1 para dom, 2 para 2ª feira...);} \\ 0 & \text{c.c.} \end{cases}$$

$$U_k = \begin{cases} 1 & \text{se a data é o } k\text{-ésimo dia útil do mês, com } k = -3, -2, -1, 1, 2, 3, \dots, 20. \\ 0 & \text{c.c.} \end{cases}$$

$$F, V, P \text{ ou } S_p = \begin{cases} 1 & \text{se a data apresentar a característica (feriado, véspera, ponte de feriado,} \\ & \text{sábado próximo ao pagamento);} \\ 0 & \text{c.c.} \end{cases}$$

Na Tabela 3.1, temos um exemplo com uma parte do histórico utilizado e algumas das variáveis que, a priori, foram identificadas como importantes:

Data	Saque	t	S ₁	S ₂	...	S ₇	F	V	P	S _p	U ₁	U ₂	U ₃	...	U ₋₃	U ₋₂	U ₋₁
1/1/2005	3.411	1	0	0	...	0	1	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
2/1/2005	10.986	2	1	0	...	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
3/1/2005	83.048	3	0	1	...	0	0	0	0	0	1	0	0	...	0	0	0
4/1/2005	63.166	4	0	0	...	0	0	0	0	0	0	1	0	...	0	0	0
5/1/2005	77.108	5	0	0	...	0	0	0	0	0	0	0	1	...	0	0	0
6/1/2005	104.497	6	0	0	...	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
7/1/2005	522.216	7	0	0	...	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0

...	31/7/2006	82.678	577	0	1	...	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
-----	-----------	--------	-----	---	---	-----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Tabela 3.1 - Identificação dos atributos das datas (saque diário em R\$).

Conforme descrito anteriormente, as variáveis binárias assumem valor 1 caso a data especificada atenda às condições referentes ao dia útil, dia da semana, feriado e suas implicações. Caso contrário, assumem valor 0. Assim, a partir de uma tabela como esta e que cobre um período de 19 meses (de 01/01/2005 a 31/07/2006) dos dados de STN, foram feitas as análises de regressão para a escolha do modelo. Nessas análises, foi possível testar os modelos de regressão múltipla com variáveis *dummy* na forma linear e na forma de potência. Para as análises, foi utilizado o *software* estatístico Minitab 14[®]. No caso do modelo na forma de potência, foi realizada uma transformação linear dos dados antes de realizar as análises. Os modelos na forma linear e de potência estão expressos nas eqs (3) e (4):

Modelo Linear

$$y = K + c_0t + c_1S_1 + c_2S_2 + c_3S_3 + c_4S_4 + c_5S_5 + c_6S_6 + c_7S_7 + c_8U_{-1} + c_9U_{-2} + c_{10}U_{-3} + c_{11}U_1 + c_{12}U_2 + c_{13}U_3 + c_{14}U_4 + \dots + c_{30}U_{20} + c_{31}F + c_{32}V + c_{33}P + c_{34}S_p \quad (3)$$

Modelo de Potência

$$y = K.c_0^t.c_1^{S_1}.c_2^{S_2}.c_3^{S_3}.c_4^{S_4}.c_5^{S_5}.c_6^{S_6}.c_7^{S_7}.c_8^{U_{-3}}.c_9^{U_{-2}}.c_{10}^{U_{-1}}.c_{11}^{U_1}.c_{12}^{U_2}.c_{13}^{U_3}.c_{14}^{U_4} \dots c_{30}^{U_{20}}.c_{31}^F.c_{32}^V.c_{33}^P.c_{34}^{S_p} \quad (4)$$

Os resultados obtidos nas análises dos modelos são apresentados na Tabela 3.2, onde:

- R² = Índice de Correlação (%);
- R² adj = Índice de Correlação Ajustado(%);
- EAM = Erro Absoluto Médio (%);
- EQM = Erro Quadrático Médio.

Método	Variáveis	R ² (%)	R ² _{adj} (%)	EAM (%)	EQM (÷1000)
Linear	S ₁ , S ₂ , ..., S ₇ , F, V, P, S _p , U ₋₃ , U ₋₂ , U ₋₁ , U ₁ , U ₂ , ...U ₂₀	88,8	87,8	25,15	950.356
Potência	S ₁ , S ₂ , ..., S ₇ , F, V, P, S _p , U ₋₃ , U ₋₂ , U ₋₁ , U ₁ , U ₂ , ...U ₂₀	88,8	88,0	20,49	816.670

Tabela 3.2 - Comparação entre os modelos Linear e de Potência.

Os dois modelos comparados na Tabela 3.2 apresentam resultados de índice de correlação muito próximos, com pequena vantagem para o modelo Potência em termos de R²_{adj} (88,0% contra 87,8%). No entanto, quando são analisados os erros percentuais médios e os erros quadráticos, o modelo de Potência apresenta uma vantagem considerável, com quase 5 pontos percentuais a menos em termos de erro médio (20,49% contra 25,15% do modelo Linear). Assim, o modelo de regressão múltipla com variáveis *dummy* na forma de potência será adotado na solução do problema de previsão de demanda em agências.

Previsão Detalhada de Saques para os ATM's

Os saques se distribuem de forma irregular entre os ATM's de uma mesma agência. Esta variação ocorre pela influência de fatores como o tipo de serviço oferecido, pois alguns

ATM's ficam menos disponíveis para saques pois também realizam depósitos. Além disso, sua localização dentro da agência também é importante, já que alguns ATM's ficam em posições privilegiadas (no centro da agência) e absorvem a maior parte da demanda, enquanto outros nas laterais da sala são utilizados mais nos horários de pico.

Pelos motivos citados anteriormente, decidiu-se realizar a previsão de demanda de numerário para as ATM's através de um rateio do valor total previsto para a agência. Para isso, foi utilizada uma taxa que é o valor percentual médio de saque realizado pelo ATM em relação ao saque da agência. Com base nos valores totais sacados no período histórico, os percentuais de rateio para a agência STN estão descritos na Tabela 3.3.

ATM	% de saque em relação à agência	ATM	% de saque em relação à agência	ATM	% de saque em relação à agência
A	12,24%	E	9,94%	I	7,17%
B	11,85%	F	9,02%	J	7,15%
C	11,14%	G	8,39%	K	4,48%
D	10,40%	H	8,22%		

Tabela 3.3 - Percentual de Saques em relação ao total da agência STN, março a julho de 2006.

Definidos a previsão de saques para a agência STN e os percentuais de rateio, calculam-se as previsões para cada ATM da agência. A Figura 3.4 exibe as previsões para um dado ATM's.

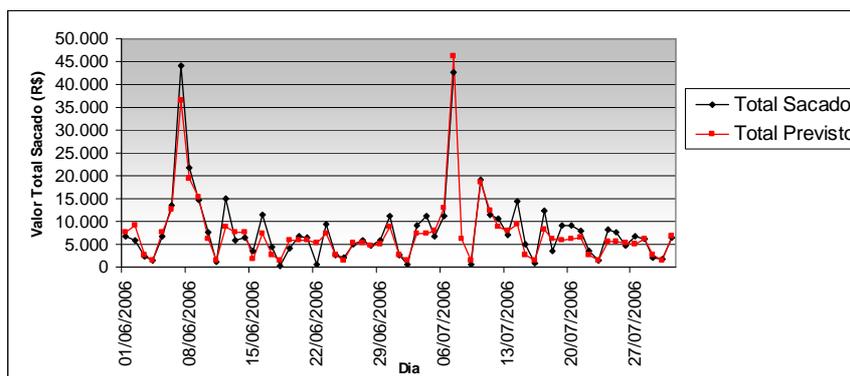


Figura 3.4 – Modelo ajustado para a ATM A da agência STN – junho e julho de 2006.

4. Discussão dos Resultados

Após a definição do modelo de previsão, este foi aplicado à agência STN para o mês de agosto de 2006. A média dos erros relativos da previsão diária foi -4,93%, enquanto a média dos erros absolutos foi 14,37%. O resultado pode ser observado na Figura 4.1.

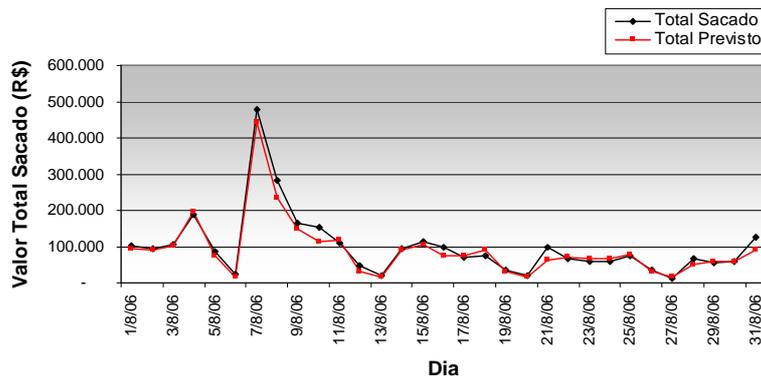


Figura 4.1 - Resultado da previsão de saques diários para agência STN - agosto de 2006.

Para a reposição de estoques por ATM, foi utilizada a taxa para o rateio da previsão da agência entre os ATM's da Tabela 3.5. Assim, com o modelo de reposição definido, o estoque de segurança considerado e utilizando as previsões já calculadas, pode-se realizar uma simulação dos pedidos de abastecimento para ATM's. Através da simulação, obteve-se uma redução de 13,50% no estoque médio de numerário dos ATM's da agência STN, que em agosto de 2006 foi de R\$ 45.688,00, enquanto que o simulado foi de R\$39.529,00. O nível de serviço alcançado foi de 98,30%, mantendo-se muito próximo ao nível atual.

5 Conclusões e Desdobramentos

Este trabalho propõe a implementação de um modelo de previsão de demanda de regressão múltipla com variáveis *dummy*, de modo que, a partir da identificação de algumas características básicas das datas históricas e futuras, é possível realizar a previsão de demanda por agência. O modelo apresentou ótimos resultados, pois considera os principais fatores de influência no comportamento da demanda. Além disso, a previsão por agência, seguida de um rateio entre os caixas eletrônicos, possibilitou um melhor ajuste da previsão de acordo com o comportamento da agência, além de tornar o método mais simples do que se fosse realizada uma análise de regressão para cada ATM.

O modelo de reposição, que utiliza o modelo de previsão proposto, foi bem sucedido nas simulações, já que possibilitou uma redução dos níveis de estoque de numerário, revelando ganhos econômicos para os clientes e, conseqüentemente, para a Diebold Procomp, além de proporcionar ganhos consideráveis de produtividade. A maior parte do tempo dos analistas responsáveis pelo processo é utilizada na análise de dados e na tomada de decisões. Com implementação da proposta, pode-se automatizar o processo de previsão e cálculo de necessidade em ATM's, de modo que os analistas seriam mais utilizados no tratamento de exceções e no monitoramento dos ATM's, com o uso do modelo.

Como os abastecimentos das ATM's são feitos em dias pré-definidos em contrato e a roteirização dos carros fortes é responsabilidade exclusiva das Transportadoras de Valores, a análise do problema limitou-se ao dimensionamento dos lotes de reposição. Um desdobramento deste trabalho seria a análise da frequência de abastecimento dos locais, buscando uma redução do custo total de suprimento da rede (estoque e transporte de valores).

Este trabalho foi apresentado à Coordenação do setor de Gestão de Numerário e também à Diretoria da empresa, sendo muito bem aceito por eles. Para sua efetiva implementação devem ser definidas as tecnologias utilizadas para armazenamento e processamento de dados. É muito importante compreender que um projeto como este deve ser continuamente revisado.

A análise de variáveis influentes no comportamento da demanda e a verificação dos erros de previsão e dos níveis de estoque possibilitarão o aperfeiçoamento do modelo e, conseqüentemente, melhores resultados para a empresa. Informações mais detalhadas sobre este trabalho e outras simulações podem ser encontradas em Paiva (2006).

Referências

- BALLOU, R.H.** *Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos*, Porto alegre: Bookman, 4ª ed., 2001.
- DRAPER, N.R.** *Applied Regression Analysis*. New York, Chichester, Brisbane, Toronto: John Wiley & Sons, Inc., 1966.
- HANKE, J.E.; REITSCH, A.G.** *Business Forecasting*. Nova Jersey, Prentice-Hall, 1998.
- MAKRIDAKIS, S.; WHEELWRIGHT, S.; MCGEE, V.** *Forecasting: Methods and Applications*, New York: Wiley, 3ª ed., 1983.
- MILLER, T. W.; STONE, B. K.:** *Daily Cash Forecasting and Seasonal Resolution*. The Journal of Financial and Quantitative Analysis. Vol. 20 , n. 3, Sep. 1985, p. 335-351.
- PAIVA, R.C.:** *Modelo de Previsão e Reposição de Numerário em uma Rede de Caixas Eletrônicos*. Trabalho de Formatura em Engenharia de Produção, Escola Politécnica da USP. São Paulo, 2006.
- SANTORO, M.C.:** *Sistemas de Gestão de Estoques de Múltiplos Itens em Local Único*. Tese de Livre-Docência, Escola Politécnica da USP. São Paulo, 2006.
- SILVER, E.A.; PETERSON, R.; PYKE, D.F.** *Decision Systems for Inventory Management and Production Planning*. 3 ed., Nova York, Wiley, 1998.