



## Uma visão de Engenharia da Qualidade via RExcel

Elisa Henning (UDESC) [dma2eh@joinville.udesc.br](mailto:dma2eh@joinville.udesc.br)

Olga Maria Formigoni Carvalho Walter (UFSC) [olgaformigoni@gmail.com](mailto:olgaformigoni@gmail.com)

Rafael do Nascimento Costa (UDESC) [rafaeldonascimento costa@gmail.com](mailto:rafaeldonascimento costa@gmail.com)

Robert Wayne Samohyl (UFSC) [samohyl@deps.ufsc.br](mailto:samohyl@deps.ufsc.br)

### 1. Introdução

A Estatística é atualmente utilizada praticamente em todos os domínios científicos e tecnológicos. Sua importância vem se ampliando devido à crescente necessidade de gestão de recursos nas mais diversas áreas. Hoje o campo de atuação da Estatística abrange todas as ciências e engenharias, encontrando também espaço nas finanças, economia, administração. Adicionam-se também, outras áreas de aplicação como a biologia, a biotecnologia e a medicina em geral.

Os conceitos e métodos estatísticos não são apenas úteis, como também indispensáveis na compreensão dos diversos fenômenos ao nosso redor. Eles possibilitam meios de percepção das diversas situações que são encontradas, permitindo fazer julgamentos e tomar decisões corretas com base em resultados concretos, quando da presença de incertezas e variações.

Na engenharia, a estatística tem ampla aplicação no controle de processos de produtos e serviços. Sendo também bastante utilizada, no planejamento de novas estratégias de produção e previsão de vendas.

Especificamente na Engenharia de Produção, a estatística foca-se no controle de processos e manufatura, analisando a variação e qualidade nos produtos, procurando acompanhar a estabilidade dos processos. Neste sentido, as principais aplicações da estatística encontram-se em torno do Controle Estatístico da Qualidade (CEQ), que monitora a variabilidade por meio de gráficos de controle estatístico e no programa Seis Sigma, que utiliza procedimentos padronizados para obtenção de dados e análise estatística, visando identificar, tratar e eliminar fontes de erros, em busca da melhoria da qualidade e dos processos, com ênfase na redução de defeitos.

O ensino de estatística vem se ampliando para muitos currículos dos cursos de graduação no país, estando presente em praticamente todos os currículos dos cursos de engenharia. Nenhuma disciplina tem interagido tanto com as demais disciplinas do que a estatística. Sendo o ensino desta ciência, atualmente obrigatório em quase todos os cursos de graduação das mais diversas áreas, com pouquíssimas exceções (LOPES, 1998; LOUZADA, *et al.* 2010).

A Lei de Diretrizes e Bases da Educação Brasileira (LDB 9394/96), que regulamenta o sistema educacional (público ou privado) do Brasil (da educação básica ao ensino superior),



apresenta a orientação dos currículos agregando conteúdos de Estatística para os diferentes níveis educacionais no país, tornando extremamente necessário o desenvolvimento de pesquisas e projetos que propiciem um ensino de qualidade e significativo na área.

Além, disso as novas tecnologias de informação e comunicação estão cada vez mais presentes no dia a dia da sociedade contemporânea, estimulando e viabilizando ainda mais a utilização de *softwares* no ensino de estatística.

Apesar da difusão da informática nos dias atuais, ainda há muita dificuldade na utilização de *softwares* estatísticos, inclusive no ensino de engenharia. Brignol (2004) realizou um levantamento de programas e sistemas para o ensino de estatística e observou que seus conteúdos estão mais voltados para técnicas avançadas de estatística, o que caracteriza um apoio para cursos de bacharelado de Estatística e de pós-graduação da área.

Assim acredita-se que uma possível hipótese para contornar a dificuldade no emprego de *softwares* estatísticos no ensino, é a utilização de *softwares* mais populares que estão mais presentes no cotidiano dos estudantes, como o Microsoft Excel®, aliado a *softwares* estatísticos acessíveis e sem custo como o R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2011), como é o caso do RExcel (BAIER; NEUWIRTH, 2007).

O Microsoft Excel® vem sendo utilizado a bastante tempo no ensino (NASH; QUON, 1996; DORNER, 1997; LAPPONI, 1997). Nash e Quon (1996) apontam como vantagens na utilização do Excel principalmente que o uso e conhecimento generalizado desta planilha eletrônica economizam os custos de aquisição, ensino e aprendizagem de um novo *software* e que com algumas exceções, o cálculo de planilha oferece atualização imediata dos resultados quando os dados são alterados. Já Dorner (1997) mostra como construir gráficos de controle de Shewhart, diagramas de Pareto e *Box Plot*, entre outras possibilidades e acrescenta que o uso do Excel é limitado apenas a criatividade das pessoas que o utilizam.

Entretanto, vale frisar que o Excel também apresenta algumas limitações, e que sozinho não pode oferecer todas as opções que um *software* estatístico desenvolvido exclusivamente para computação estatística, consegue oferecer. De acordo com Baier, Neuwirth e Meo (2011) o Microsoft Excel não fornece suporte para fazer análises mais complexas e também apresenta deficiência em determinados aspectos numéricos computacionais.

O R é uma linguagem e um ambiente para computação estatística. É um projeto GNU, baseado no conceito de *software* livre e pode ser usado sem custos de licença contendo versões para Windows, MacOS, GNU/Linux e Unix. Pode ser baixado diretamente da Internet através do *site* do CRAN (*Comprehensive R Archive Network*) - Rede Completa de Arquivos do R - no endereço: <http://www.r-project.org>. Atualmente o R é o resultado de um esforço colaborativo mundial de vários pesquisadores (estatísticos, engenheiros de *software*, dentre outros profissionais) os quais constituem o *Core Team*, equipe responsável pela avaliação e atualizações semestrais de novos pacotes (KATAOKA *et al.*, 2008).

Apesar do *software* R ser uma ferramenta perfeita para uma ampla gama de aplicações, infelizmente, esta flexibilidade também leva a um nível de complexidade que é difícil de lidar para os novos usuários que não tem familiaridade, por exemplo, com a linha de comando do R Console. Por outro lado, ferramentas como o Microsoft Excel são muito fáceis de lidar, uma



vez que são mais difundidas. Assim acredita-se que a junção destas duas ferramentas, conforme proposto por Baier e Neuwirth (2007) por meio do RExcel pode amenizar esta situação.

Assim, o objetivo principal deste artigo é apresentar e discutir de modo crítico a ferramenta RExcel apresentando aplicações na Engenharia de Produção voltadas para o CEQ. A partir daqui este trabalho está assim delineado: na seção 2 é apresentado um breve referencial teórico, situando o leitor em algumas técnicas de controle estatístico da qualidade; na seção 3 discute-se o aplicativo RExcel; na seção 4 descreve-se a utilização do RExcel em controle estatístico de qualidade. Aplicações e uma análise de pontos positivos e deficiências estão presentes nesta última seção. Para finalizar, na seção 6 estão as conclusões e considerações finais.

## 2. Controle Estatístico da Qualidade

O Controle Estatístico da Qualidade (CEQ) é uma técnica formal eficiente e poderosa utilizada para o monitoramento de processos. Compõe-se de uma coleção de ferramentas de resolução de problemas úteis na obtenção da estabilidade de um processo. O gráfico de controle é uma dessas ferramentas e, provavelmente a mais sofisticada tecnicamente (MONTGOMERY, 2004).

O controle permanente dos processos é fundamental para a manutenção da qualidade de bens e serviços, sejam estes industriais que geram bens de consumo e os de organizações que prestam serviços (COSTA; EPPRECHT; CARPINETTI, 2004). Estas técnicas podem atuar *on line*, ou seja, enquanto está a decorrer o processo produtivo, detectando desvios significativos relativamente às especificações e permitindo que a sua correção seja efetuada atempadamente (ALVELOS, 2007).

O estudo de gráficos de controle, faz parte dos cursos de graduação em engenharia de produção, seja como matéria específica ou como parte do conteúdo programático de alguma disciplina da área de qualidade. Em alguns cursos de pós-graduação, além de fazer parte estrutura curricular corresponde também muitas vezes a linha específica de pesquisa.

Um gráfico de controle é uma ferramenta estatística visual que desperta para a presença de causas especiais (SAMOHYL, 2009). Consiste basicamente na plotagem de linhas que representam os limites superior de controle (LSC) e limite inferior de controle (LIC), a média ou alvo do processo, a linha central (LC) e dos pontos observados, que representam, em geral, uma estatística relacionada à variável de interesse. Se um ou mais pontos estiverem além dos limites de controle há indicação de que o processo possa estar fora de controle estatístico, isto é, pode existir um problema. Assim uma investigação pode ser iniciada para identificar as causas e providenciar ações corretivas.

Até pouco tempo, os gráficos de controle eram direcionados exclusivamente para o monitoramento de processos industriais. O paradigma tradicional é o processo industrial, mas esta ferramenta já se estendeu para processos administrativos e de serviços (SAMOHYL, 2009). Assim, do ponto de vista tanto do processo produtivo quanto de serviços é fundamental que o futuro engenheiro tenha conhecimento dessa importante área.

O gráfico de controle foi proposto em 1924 por Walter Shewhart, com a intenção de



eliminar variações devido a causas aleatórias e especiais. Entende-se como causa aleatória aquela que ocorre em um processo, mesmo que a operação seja executada com matéria-prima, métodos padronizados e operadores treinados. Já a causa especial, indica que há fatores relevantes a serem investigados, decorrente de outros aspectos que são desconhecidos.

Dentre os gráficos de controle de Shewhart para variáveis citam-se os gráficos X-R (média e amplitude) e o gráfico X (para valores individuais). Já para atributos, têm-se o gráfico np (número de itens defeituosos), o gráfico p (fração defeituosa), o gráfico c (número de defeitos) e o gráfico u (número de defeitos por unidade).

Estes gráficos são amplamente utilizados, mas tem a desvantagem de serem precisos apenas em detectar pequenas e contínuas variações no processo, da ordem de até 1,5 desvios-padrão (MONTGOMERY, 2004). Assim, gráficos mais sofisticados, como os gráficos de controle de soma acumulada (*Cumulative Sum Control Charts – CUSUM*) e os gráficos de controle de média móvel exponencialmente ponderada (*Exponentially Weighted Moving Average - EWMA*), foram desenvolvidos como alternativas.

### 3. Visão geral do RExcel

Esta seção tem como objetivo apresentar uma visão geral do RExcel, abrangendo alguns aspectos operacionais como: sua instalação, instalação e carregamento de pacotes, acesso aos dados para utilização e execução de comandos do R pelo Excel.

#### 3.1 Instalação do RExcel e do R

A maneira mais fácil de instalar o R, o RExcel, e os pacotes adicionais necessários, é por meio do *download* da versão atual do pacote RAndFriendsSetup (HEIGERGER; NEUWIRTH, 2009), disponível em <http://rcom.univie.ac.at> clicando no *link Download*. O pacote RAndFriendsSetup inclui a *release* atual do R e os seguintes pacotes: rcom, RExcelInstaller, RthroughExcelWorkbooksInstaller, Rcmdr, HH, e RcmdrPlugin.HH. Caso o computador já possua uma versão anterior do RExcel inferior a 3.0.0 a mesma deve ser desinstalada. Assim que terminar a instalação o RExcel pode ser acessado pelo ícone criado na área de trabalho ou pelo próprio Excel em Suplementos/RExcel/Connect R.

A Figura 1 apresenta a tela da planilha Microsoft Office Excel versão 2007 com a barra de menus incluindo a guia Suplementos.

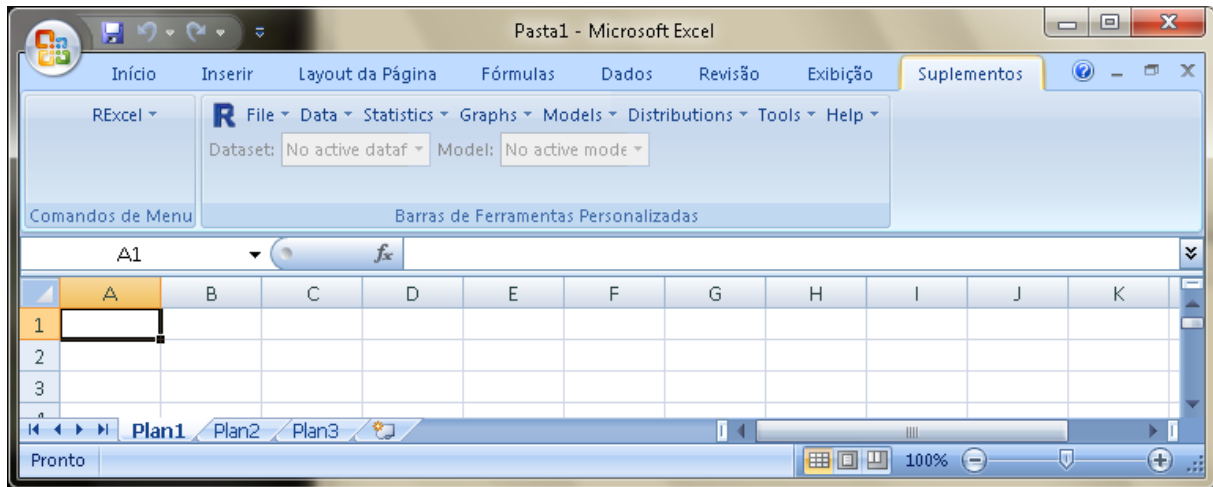


Figura 1. Menu do RExcel no Excel 2007

Na Figura 1 também é possível visualizar todos os menus padrão do RExcel (*File, Data, Statistics, Graphs, Models, Distributions, Tools* e *Help*) e o conjunto de dados ativo, no campo *Dataset*. Ao acessar o RExcel pelo ícone criado na área de trabalho é aberto simultaneamente o R, o RExcel (BAIER; NEUWIRTH, 2007) e o R Commander (FOX, 2005).

### 3.2 Instalação e Carregamento de Pacotes

O processo para instalação de pacotes e *plugins* que são utilizados pelo RExcel é o mesmo do R Console, que pode ser consultado detalhadamente em Walter, Henning e Samohyl (2011). Já o carregamento de pacotes difere parcialmente. Neste trabalho, para os gráficos de controle será utilizado o pacote *RcmdrPlugin.qual* (HODGESS, 2012) que é carregado no RExcel em *Tools/Load Rcmdr plug-in(s)*. Após o carregamento do pacote é apresentado no RExcel um novo menu denominado “Quality Control”, conforme Figura 2.

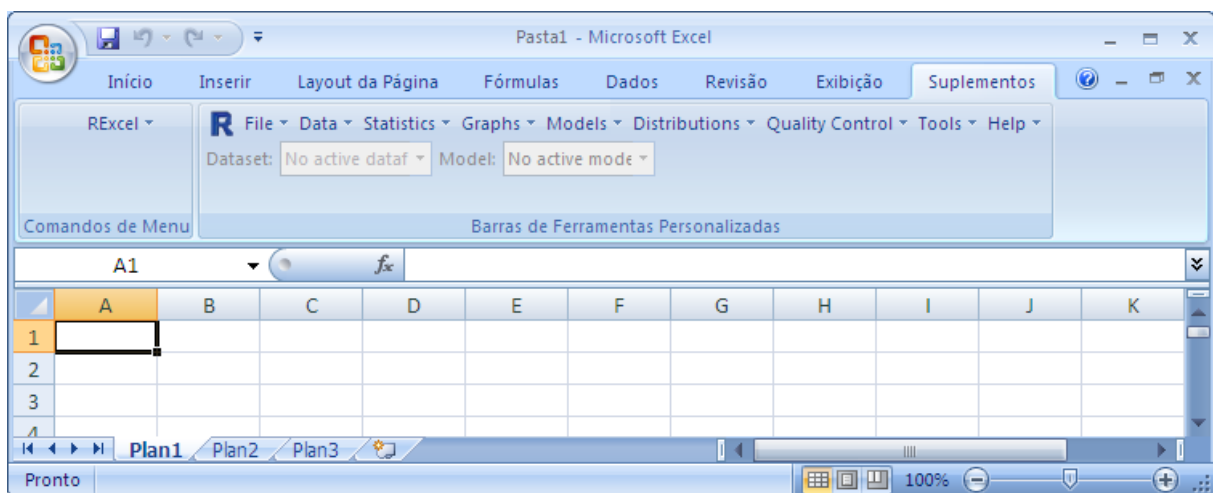


Figura 2. RExcel com menu do *plugin RcmdrPlugin.qual* ativo



### 3.3 Acesso aos dados

O RExcel permite trabalhar com os dados de diversas formas. É possível criar um novo conjunto de dados, carregar dados salvos no formato do RExcel e R, utilizar um conjunto de dados disponível de pacotes, mesclar conjuntos de dados existentes, importar dados de um arquivo texto, Excel, Access ou dBase. Permite também importar um conjunto de dados a partir da internet e de outros *softwares* estatísticos. Estas funcionalidades estão disponíveis no menu *Data*, na tela principal do RExcel. A Figura 3 apresenta a forma de carregamento de dados externos.

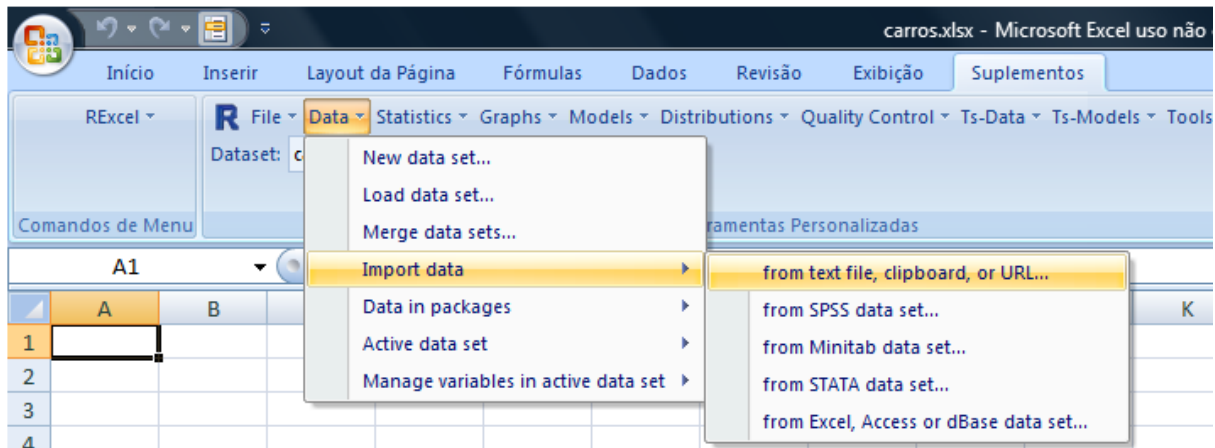


Figura 3. Menu de acesso do RExcel para ler dados externos

### 4. Aplicações no Controle Estatístico da Qualidade

Os dados da planilha a ser importada para geração do gráfico de controle tipo Shewhart são dados de um processo de usinagem do corpo da válvula de descarga de uma indústria de metais sanitários. Nesse processo, a parte interna do corpo da válvula de descarga é usinada para alojar no seu interior um anel *oring* de borracha para vedação (ALVES *et al.*, 2009).

Para acessar (importar) dados já disponíveis em arquivos do Excel, deve-se acessar o menu *Data/Import data/From Excel, Access ou dBase data set...* informar o nome para o novo conjunto de dados a ser criado e localizar no computador o arquivo do Excel que contém os dados. Após este processo, o conjunto de dados ativo é apresentado no campo *Dataset*.

Os comandos resultantes da ação de importar os dados de uma planilha do Excel são apresentados na primeira linha da janela do *script* da tela do R Commander (Rcmdr), apresentada na Figura 4.

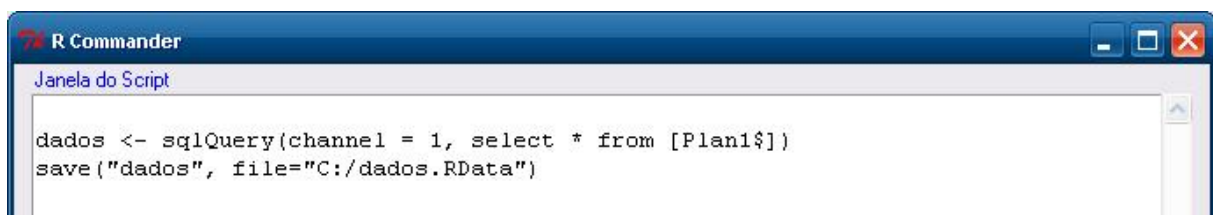


Figura 4. Tela do Rcmdr com os comandos executados pelo RExcel



Como o RExcel não permite manipular os dados por meio do campo *Dataset* após sua importação em arquivo Excel, é necessário salvá-los no formato de conjunto de dados do RExcel e carregá-lo novamente para trabalhar. O comando utilizado para salvar os dados decorrentes da ação do menu Data/Active Data Set/Save Active Data Set, é apresentado na última linha da Figura 4.

Para carregar o conjunto de dados salvo, deve-se acessar o menu Data/Load data set e selecionar o arquivo no disco. Assim que o conjunto de dados é carregado, o mesmo é apresentado no campo *Dataset* da tela do RExcel, como conjunto de dados ativo, conforme Figura 5.

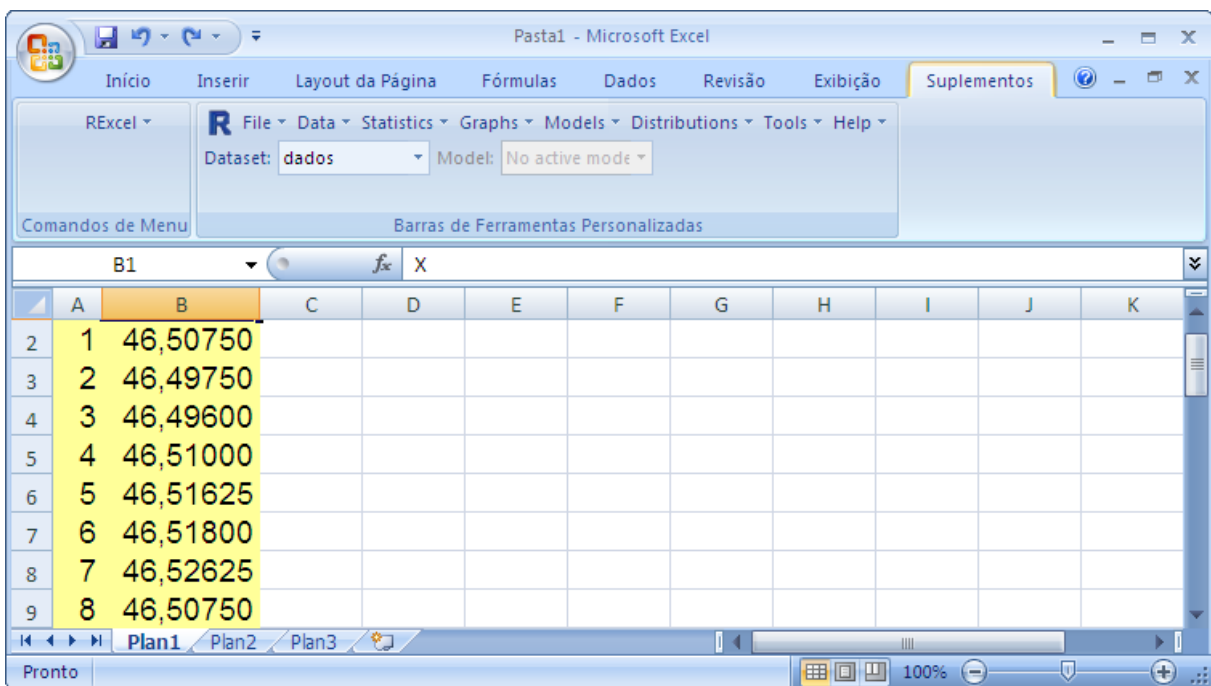


Figura 5. Dados do processo de usinagem do corpo da válvula de descarga obtidos pelo “Get Active DataFrame”

Para visualizar o conjunto de dados diretamente no RExcel, como na Figura 5, clique com o botão direito do *mouse* e escolha a opção “Get Active DataFrame”.

A Figura 6 apresenta o gráfico de controle tipo Shewhart para os dados do processo de usinagem do corpo da válvula de descarga. Para apresentar o gráfico gerado diretamente na planilha do Excel é necessário apenas inserir o gráfico atual do R, a partir do botão direito do *mouse*.

Nota-se que a amostra 23 tem média mais alta que o limite de controle, e, portanto, é suficientemente longe da média do processo para justificar uma investigação e eventual eliminação da causa especial encontrada.

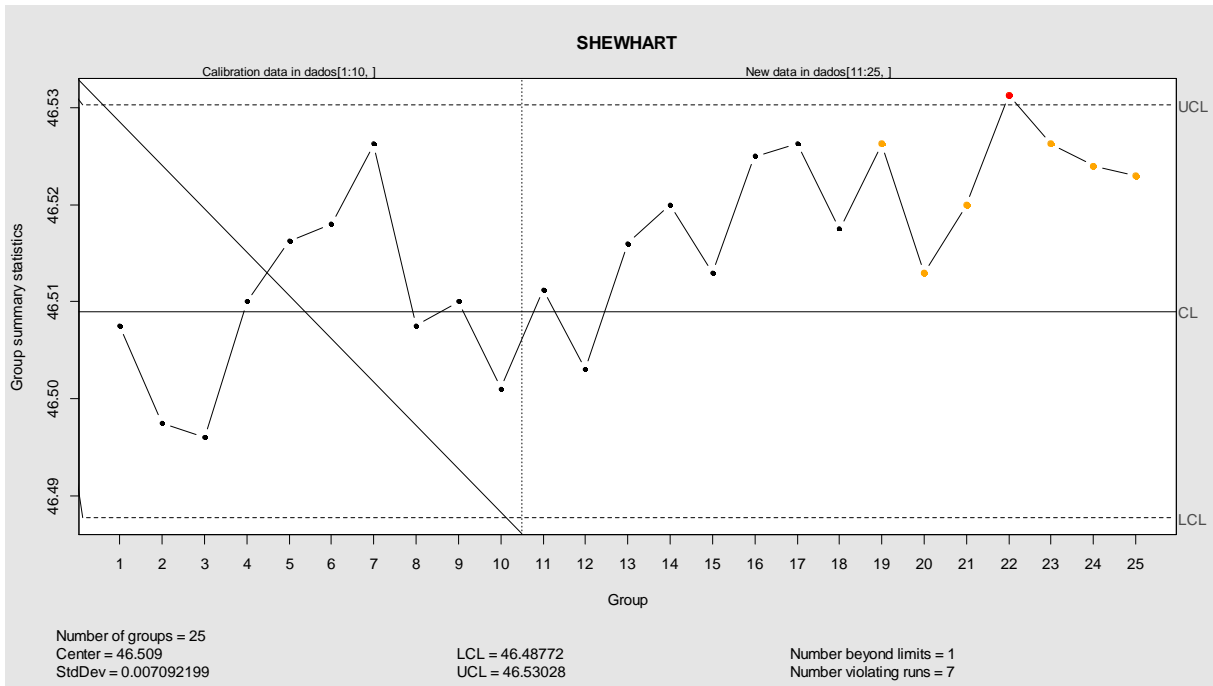


Figura 6. Gráfico de controle Shewhart para a média do processo de usinagem (fase de diagnóstico e monitoramento)

Como o *plugin* utilizado não permite construir diretamente a fase de obtenção de uma amostra representativa dos dados para determinação dos limites de controle (Fase I - diagnóstico) e fase de monitoramento do processo por meio dos limites de controle especificados na fase anterior (Fase II - monitoramento), este gráfico foi gerado a partir do comando apresentado na tela do RExcel (Figura 7), que foi executado por meio do comando “Run code”, clicando-se com o botão direito do *mouse* sobre o comando digitado.

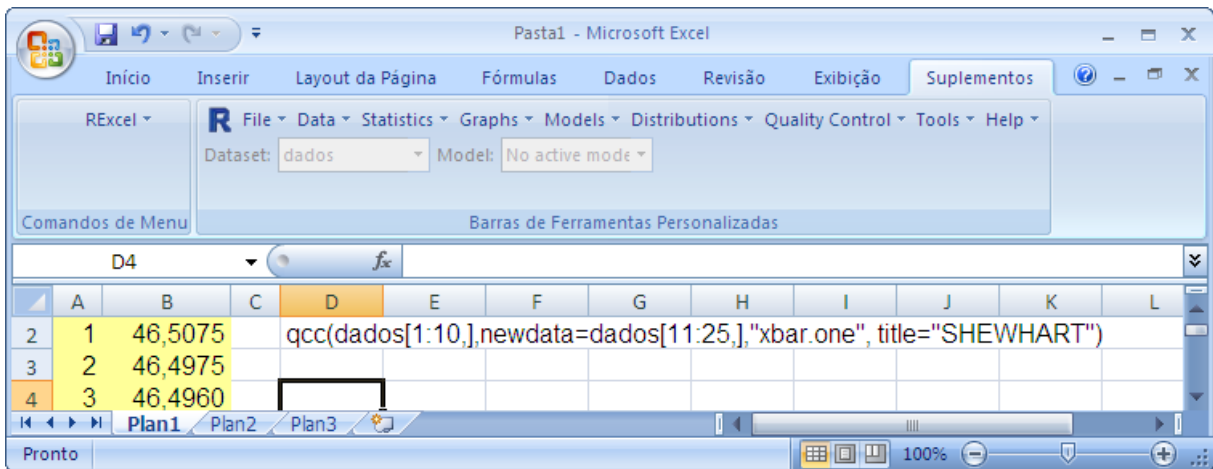


Figura 7. RExcel com os comandos para geração da Fase I e II do gráfico de controle tipo Shewhart para a média





A construção de gráficos CUSUM e EWMA a partir do *plugin* é simples, sendo necessário apenas acessar o menu específico e escolher a variável a ser plotada, conforme indica a Figura 8.

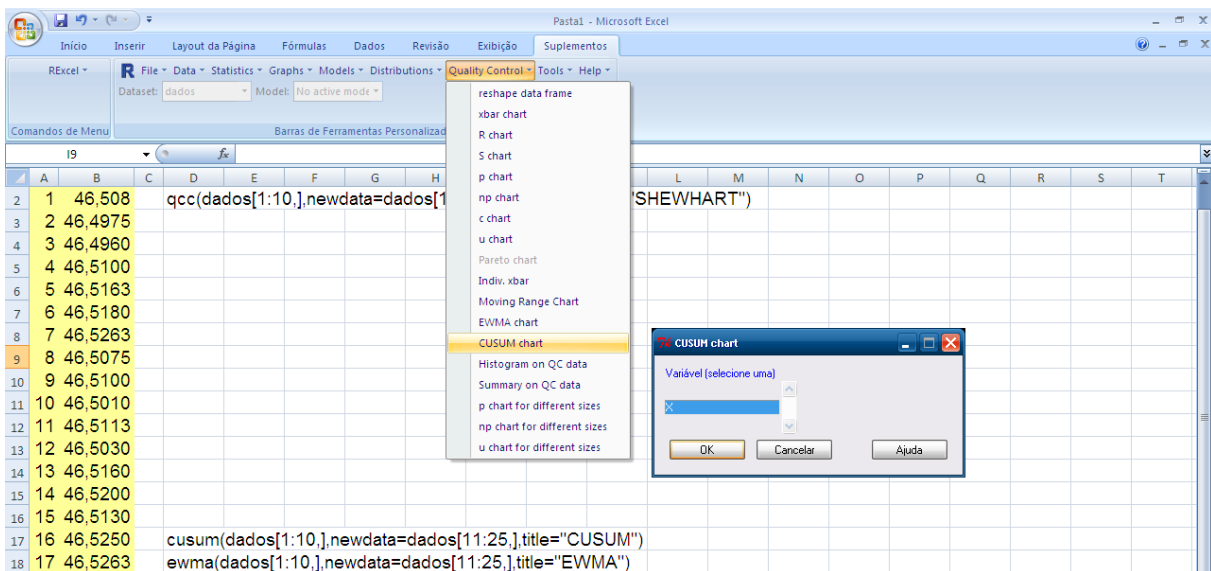


Figura 8. RExcel com os comandos para geração de um gráfico CUSUM para a média

A Figura 9 apresenta os gráficos de controle CUSUM e EWMA que para representarem as fases I e II, também é necessária intervenção do usuário por meio da digitação de comandos conforme os informados nas linhas 17 e 18 da planilha da Figura 8.

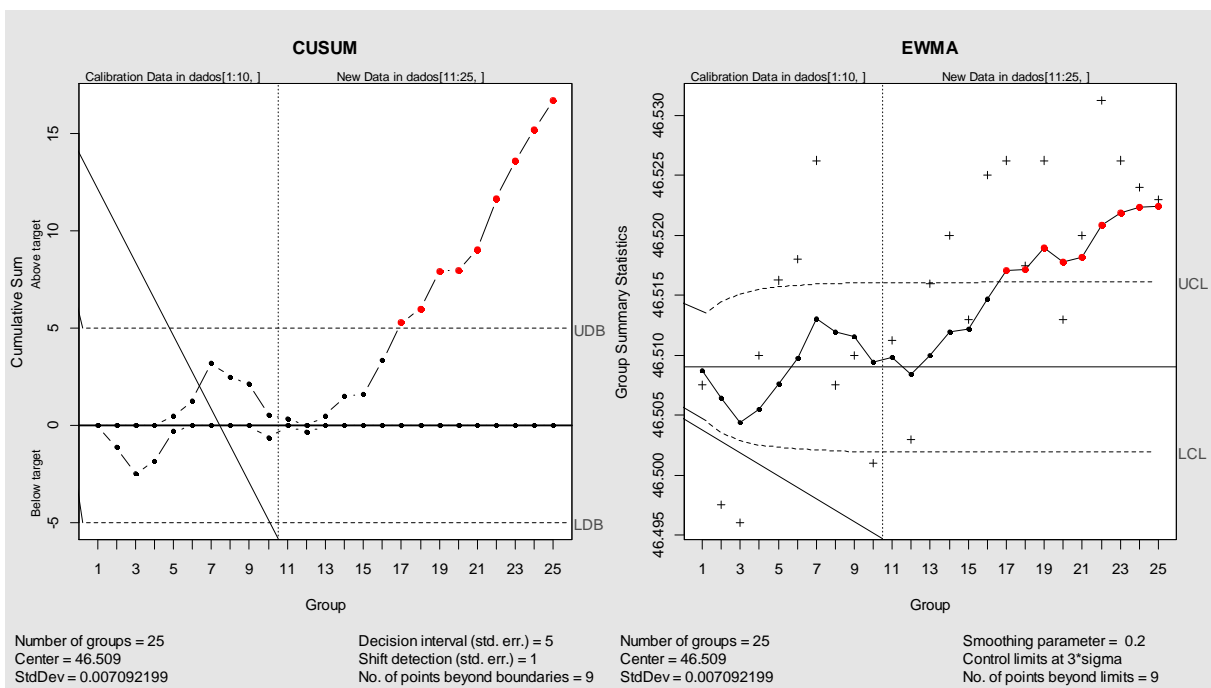


Figura 9. Fase de diagnóstico e monitoramento dos gráficos de controle CUSUM (esquerda) e EWMA (direita)



A indicação do comportamento do processo se modifica quando os dados são analisados por meio do gráfico de controle CUSUM e EWMA da Figura 9. Conforme se verifica no gráfico de controle de Shewhart (Figura 6), a indicação de processo fora de controle ocorre na amostra 23 e estabiliza-se após este ponto. Diferentemente da análise obtida pelos gráficos de controle CUSUM e EWMA, que a partir da amostra 17 ultrapassam os limites de controle, não obtendo mais estabilidade até o final das observações. Outra consideração é que é possível identificar uma tendência de aumento na média do processo.

O *plugin* utilizado, além dos gráficos apresentados, permite construir resumos numéricos, diagrama de Pareto e histogramas. A partir da escrita de funções específica, tanto no Rcmdr, ou no próprio Excel, podem ser realizadas outras análises, como Capacidade de Processos e Curvas Características de Operação. Como estes comandos são realizados pelo Rcmdr, é possível adaptá-los, de acordo com a necessidade do pesquisador. Assim, certa flexibilidade é adicionada à *interface*. Do ponto de vista acadêmico, é uma oportunidade de desenvolver o raciocínio lógico do aluno, pois se pode ir além do tradicional “selecione e clique”.

É possível também desenvolver funções para gráficos novos e avaliar sua eficiência a partir de simulação. Técnicas de séries temporais, como os modelos Auto-Regressivos de Média Móvel (ARIMA), importantes na aplicação de gráficos de controle para processos autocorrelacionados também são acessíveis por meio do *plugin* epack (HODGESS, VOBACH, 2008).

## 5. Considerações Finais

Neste artigo apresentou-se um algumas das possibilidades que o aplicativo RExcel pode trazer tanto ao ensino de engenharia de produção quanto à pesquisa. O RExcel estende à planilha Excel as funcionalidades do ambiente R, que pode ser definido como uma linguagem de computação estatística.

As planilhas do Excel podem ser de certo modo, uma zona de conforto para alguns usuários, mas frequentemente há a necessidade da utilização de uma ferramenta mais robusta. Assim, para preencher esta lacuna, pode-se aliar a simplicidade do Excel com a robustez do R, por meio do RExcel. Utilizando arquivos de dados em formato Excel, é possível executar o R diretamente do Excel. Além da facilidade de utilização que a união destas duas ferramentas proporciona, o RExcel inclui um único arquivo instalador que irá instalar o R e todos os outros *softwares* necessários para utilizá-lo.

Este trabalho limitou-se a gráficos de controle estatístico de processo. Nestes casos *plugins* permitem aliar a facilidade de uso da planilha com funções para análises estatísticas mais elaboradas. Um dos pontos mais positivos é tornar mais flexível a planilha.

Algumas limitações do RExcel estão relacionadas aos gráficos gerados, que não são incorporados automaticamente na planilha Excel, necessitando de comandos específicos. Além de que, estes gráficos não são atualizados automaticamente, tendo-se de repetir as ações quando das alterações dos dados. Mas, segundo Baier e Neuwirth (2007) esta particularidade será alterado em futuras versões do RExcel.

Conclui-se que, além de ser um bom recurso para auxiliar nas aulas e trabalhos



acadêmicos, a *interface* RExcel, é um potencial campo para investigação e aplicações diversas.

## Referências

ALVES, C. C.; CRUZ, A. C.; HENNING, E. SCHMIDT NETO, A. A Utilização de Gráficos de Controle de Soma Acumulada (CUSUM) para Monitoramento de um Processo de Usinagem. **Cadernos do IME**. Série Estatística, v. 27, p. 45-58, 2009.

ALVES, C. C.; SAMOBYL, R. W. A utilização dos gráficos de controle CUSUM para o monitoramento de processos industriais. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 24., 2004. Florianópolis/SC, **Anais...** Florianópolis, 2004.

ALVELOS, H. Gestão da Qualidade. Notas de aula – Ano letivo 2006/2007. Disponível em: <<http://www2.egi.ua.pt/cursos/files/GOAS/Aula3-SPC.pdf>>. Acesso em: 30 nov. 2011.

BAIER, T.; NEUWIRTH, E. Excel :: COM :: R. **Computational Statistics**, v. 22, n. 1, p. 91-108, 2007.

BAIER, T.; NEUWIRTH, E.; MEO, M. D. Creating and Deploying an Application with (R)Excel and R. **The R Journal**, v. 3/2, p. 5-11, 2011. Disponível em: <[http://journal.r-project.org/archive/2011-2/RJournal\\_2011-2\\_Baier-et-al.pdf](http://journal.r-project.org/archive/2011-2/RJournal_2011-2_Baier-et-al.pdf)>. Acesso em: 27 mar. 2012.

BRIGNOL, S. M. S. **Novas tecnologias de informação e comunicação nas relações de aprendizagem da estatística no ensino médio**. 2004. 66f. Monografia (Especialização em Educação Estatística Com Ênfase Em Softwares Estatísticos), Faculdade Jorge Amado, Salvador, 2004. Disponível em: <<http://redeabe.org.br/Monografia.pdf>>. Acesso em: 06 jan. 2011.

COSTA, A. F. B.; EPPRECHT, E. K.; CARPINETTI, L. C. R. **Controle Estatístico de Qualidade**. São Paulo: Atlas, 2004. 334 p.

DORNER, W. Using Excel for data analysis. **Quality Digest**, Oct, 1997. Disponível em: <<http://www.qualitydigest.com/magazine/1997/oct/article/using-excel-data-analysis.html>>. Acesso em: 06 jan 2011.

FOX, J. The R Commander: A Basic-Statistics Graphical User Interface to R. **Journal of Statistical Software**, v. 14, n. 9, p. 1-42, 2005.

HEIGERGER, R. M.; NEUWIRTH, E. **R Through Excel**. A Spreadsheet Interface for Statistics, Data Analysis, and Graphics Series. New York: Springer, 2009. 344p.

HODGESS, E. **Package RcmdrPlugin.qual**. Disponível em: <<http://cran.r-project.org/web/packages/RcmdrPlugin.qual/RcmdrPlugin.qual.pdf>>. Acesso em: 23 mar. 2012.

HODGESS, E.; VOBACH, C. RcmdrPlugin.epack: A Menu Driven Package for Time Series in R. In: ANNUAL MEETING OF THE MATHEMATICAL ASSOCIATION OF AMERICA MATHFEST, 2008., TBA, **Anais...** Madison, Wisconsin, 2008.

KATAOKA, V. Y.; CAZORLA, I. M.; SILVA, C. B.; OLIVEIRA, M. S. O uso do R no ensino de probabilidade na educação básica: animation e TeachingDemos. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE PROBABILIDADE E ESTATÍSTICA, 18, 2008. Estância de S. Pedro (SP). **Anais...** Estância de S. Pedro, 2008.

LAPPONI, J. C. **Estatística usando Excel**. São Paulo, Treinamento e Editora Ltda, 1995.

LOPES, C. A. E. **Probabilidade e a estatística no ensino fundamental: uma análise curricular**. 1998. 127f. Dissertação (Mestrado em Educação), Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Educação, Campinas.

LOUZADA, F.; ARA, A.; OLIVEIRA, C. Z.; GONÇALVES, C. V. Diagnóstico do ensino de estatística nas universidades públicas brasileiras: uma descrição de algumas das dimensões que compõem o perfil de seu corpo docente. **R. Bras. Estat**, v. 71, n. 234, p. 7-42, jan./dez., 2010.



MONTGOMERY, D. C. **Introdução ao Controle Estatístico de Qualidade**. 4.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2004. 513 p.

MORETTIN, P.; TOLOI, C. M. C. **Análise de Séries Temporais**. São Paulo: Blucher, 2004. 535p.

NASH, J. C.; QUON, T. K. Issues in teaching statistical thinking with spreadsheets. **Journal of Statistics Education**, v. 4, n. 1, 1996.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, Disponível em: <<http://www.R-project.org>>. Acesso em: 06 jan. 2011.

ROBERTS, S. W. Control Chart Tests Based on Geometric Moving Averages. **Technometrics**, v. 1, n. 3, p. 239-250, 1959.

SAMOHYL, R.W. **Controle Estatístico de Qualidade**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009. 275 p.

WALTER, O. M. F. C.; HENNING, E.; SAMOHYL, B. W. R Commander como suporte no ensino de Controle Estatístico da Qualidade. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 39., 2011. Blumenau/SC. **Anais...** Blumenau, 2011.