

STCEQ - UM SISTEMA TUTORIAL INTELIGENTE PARA CONTROLE ESTATÍSTICO DA QUALIDADE

MARCELO MENEZES REIS

Departamento de Informática e Estatística, Universidade Federal de Santa Catarina
Campus Universitário, Trindade, CEP88040-970, Florianópolis – SC marcelo@inf.ufsc.br

ÉDSON PACHECO PALADINI

Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina
Campus Universitário, Trindade, CEP88040-970, Florianópolis – SC paladini@eps.ufsc.br

EUGÊNIO EPPRECHT

Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro
R. Marquês de São Vicente, 225 – Gávea, CEP22453-900 Rio de Janeiro – RJ eke@ind.puc-rio.br

RESUMO

O Controle Estatístico da Qualidade – CEQ (composto de Controle Estatístico de Processos – CEP, Estudos de Capabilidade de Processos, Aceitação por Amostragem e Planejamento de Experimentos) é uma ferramenta muito importante para a obtenção, manutenção e melhoria da Qualidade de produtos e serviços produzidos por uma organização. Apesar de sua importância, e do fato de ser ensinado em vários cursos técnicos e superiores, além dos setores de treinamento das empresas, o CEQ vem sendo empregado de forma inadequada. A possibilidade de que a causa desse problema seja a abordagem de ensino utilizada motivou o desenvolvimento de um modelo para o ensino do CEQ, que procura fazer com que seus egressos saibam aplicar corretamente as técnicas. Através de uma pesquisa sobre o emprego e o ensino do CEQ (e de todos os conceitos necessários para sua aplicação), definiu-se o conteúdo e metodologia do modelo, e constatou-se a oportunidade da incorporação de um ambiente computacional, para permitir a prática dos conceitos e habilidades necessários para o correto uso do CEQ. Decidiu-se utilizar uma abordagem de Inteligência Artificial no desenvolvimento do ambiente, resultando em um Sistema Tutorial Inteligente, chamado de STCEQ. Este artigo apresenta as características principais do STCEQ, seu funcionamento, benefícios de sua aplicação, e os resultados obtidos até o momento.

PALAVRAS CHAVE: Sistema Tutorial Inteligente, Controle Estatístico da Qualidade, Inteligência Artificial.

ABSTRACT

Statistical Quality Control – SQC (constituted by Statistical Process Control, Process Capability Studies, Acceptance Sampling and Design of Experiments) is a very important tool to obtain, maintain and improve the Quality level of goods and services produced by an organization. Despite its importance, and the fact of being taught in technical and college courses, as well in companies' training sectors, SQC has been being misused. The possibility of an inappropriate teaching approach may be the cause of such problem motivated the development of a model for SQC teaching, allowing its learners to correctly apply SQC techniques. After a survey about SQC use and teaching (and also about all concepts needed for its SQC application) the model's contents and methodology were defined, and one also realized the opportunity of incorporating a computer environment to the model, permitting the practice of the needed SQC concepts and skills. An Artificial Intelligence approach was used to develop the computer environment, resulting in an Intelligent Tutorial System, the STCEQ. The paper discusses the main characteristics of the system, its functioning, benefits of using such a system and the results we obtained while using this system.

KEY WORDS: Intelligent Tutorial System, Statistical Quality Control, Artificial Intelligence.

1. INTRODUÇÃO

O Controle Estatístico da Qualidade (CEQ) vem sendo usado há mais de 70 anos em muitos países, e tem contribuído muito para a melhoria da Qualidade de muitos produtos e serviços. Apesar de sua importância o CEQ é frequentemente mal utilizado, ou mesmo não utilizado, seja pela escolha de técnicas inadequadas para resolver um determinado problema, ou por ignorância das suposições necessárias para o uso das técnicas [1]. Esta situação ocorre não somente no Brasil [2], mas em outros países também [3] [4] [5].

Uma das causas do problema citado acima pode ser o treinamento inadequado: os estudantes/treinandos não entenderam completamente os conceitos e suposições necessárias. Decidiu-se então desenvolver um modelo para o ensino do CEQ, o qual incorporaria um ambiente computacional para a prática dos conceitos e habilidades necessárias. O conteúdo e a metodologia do modelo foram definidos após a realização de uma pesquisa sobre o emprego e o ensino do CEQ. Uma pesquisa complementar sobre aplicações de informática no ensino de CEQ recomendou a adoção de uma abordagem de Inteligência Artificial para a construção do ambiente computacional, o que resultou em um Sistema Tutorial Inteligente para CEQ, o STCEQ, que terá suas características descritas neste artigo.

2. CONTROLE ESTATÍSTICO DA QUALIDADE: CONCEITOS, UTILIZAÇÃO E ENSINO

Controle Estatístico da Qualidade é definido neste trabalho como [6]: “CEQ seria uma forma (ou talvez um procedimento) de estudo das características de um processo (Qualidade), com o auxílio de números - dados (Estatístico) de maneira a fazê-lo comportar-se da forma desejada (Controle)”. A avaliação da Qualidade de um processo é um aspecto muito importante, porque a obtenção, manutenção e melhoria da Qualidade é vital para a sobrevivência e crescimento de uma organização. Como a variabilidade afeta a Qualidade dos processos, é preciso estudá-la de forma sistemática, e a única forma de fazê-lo é através de métodos estatísticos, que fazem parte do Controle Estatístico da Qualidade.

O CEQ pode ser dividido em quatro grandes áreas: Controle Estatístico de Processos (CEP), Estudos de Capacidade de Processos, Aceitação por Amostragem e Planejamento de Experimentos. O CEP inclui os Gráficos de Controle, que monitoram o desempenho de um processo, e uma série de ferramentas estatísticas e de gerenciamento que permitem identificar problemas e procurar suas causas. Os Estudos de Capacidade de Processos mensuram a capacidade do processo de produzir itens de acordo com as especificações. A Aceitação por Amostragem pode ser definida como o grupo de técnicas utilizadas para aceitar ou rejeitar lotes de produtos acabados, ou de matéria-prima. Alguns autores [7] enfatizam que a Aceitação por Amostragem não estima a Qualidade do lote, apenas recomenda um curso de ação: aceitar ou rejeitar o lote com base em uma amostra aleatória dele retirada. Já o Planejamento de Experimentos é um campo de conhecimento extremamente amplo. Experimentos estatísticos adequadamente planejados podem identificar quais variáveis estão fazendo com que um processo tenha um comportamento indesejado, bem como a magnitude do efeito.

Durante a pesquisa sobre o emprego do CEQ [3] [4] [5] [8] as seguintes conclusões foram obtidas: as técnicas de Gráficos de Controle (especialmente os de Shewhart), e em menor escala os Estudos de Capacidade de Processos são as ferramentas de CEQ mais utilizadas em locais tão díspares quanto os EUA, Suécia e Hong-Kong; as organizações situadas em países orientais, contudo, parecem estar mais conscientes da importância não só do CEQ mas do adequado gerenciamento da Qualidade; a existência de um certificado ISO 9000, cujas recomendações incluem a utilização de métodos estatísticos onde apropriado, não implica a organização estar empregando o CEQ; mesmo sendo o CEQ tão importante para a descrição, controle e redução da Variabilidade, e portanto melhoria da Qualidade, com que certas organizações se declaram comprometidas, muitas vezes elas não o utilizam; em muitas situações, foi somente por pressão de clientes, especialmente da indústria automobilística, que as técnicas de CEQ foram adotadas em muitas organizações; as habilidades consideradas mais importantes são a interpretação de resultados e a resolução de problemas utilizando informação estatística.

Quanto à pesquisa sobre o ensino do CEQ nos cursos superiores de engenharia e estatística no Brasil, constatou-se [8]: nos cursos de Engenharia o CEQ costuma ser estudado em uma disciplina apenas, muitas vezes optativa, sendo obrigatória nos cursos de Estatística; o conteúdo da(s)

disciplina(s) de CEQ aborda basicamente CEP e Aceitação por Amostragem, sendo que esta última vem tendo sua participação reduzida (na Universidade dos EUA em que o autor esteve sequer faz parte do conteúdo da disciplina de CEQ); o CEP basicamente enfoca os Gráficos de Controle, e entre os Gráficos os de Shewhart são os predominantemente abordados (embora nem todos sejam estudados em alguns casos); os Gráficos ditos avançados (CUSUM, EWMA) são muitas vezes abordados rápida e superficialmente, o que também ocorre com os Estudos de Capabilidade; o Planejamento de Experimentos em alguns casos, especialmente nos cursos de Estatística (o que era esperado) constitui uma disciplina à parte; pela pesquisa feita este autor acredita que as cargas horárias de quarenta e cinco, às vezes de apenas trinta horas, seriam insuficientes mesmo para focar somente Gráficos de Controle e Estudos de Capabilidade de Processos em profundidade, sessenta horas seria o mínimo (o modelo descrito neste trabalho prevê tal valor); há a necessidade de incluir aspectos gerenciais, ao menos a noção sistêmica da organização e seu impacto no gerenciamento da Qualidade [9].

Com base nas conclusões das pesquisas realizadas, definiu-se o conteúdo e a metodologia de um modelo para o ensino do CEQ, e a oportunidade de incluir um ambiente computacional, um Sistema Tutorial Inteligente (o STCEQ) para a prática dos conceitos e habilidades necessários. Na atual versão o STCEQ inclui problemas apenas de CEP e Estudos de Capabilidade de Processos.

3. CONCEITOS DO STCEQ

O STCEQ foi desenvolvido como parte de uma tese de doutorado [8] utilizando Inteligência Artificial para construir um ambiente de aprendizado para Controle Estatístico da Qualidade, como parte de um modelo para o ensino do CEQ. A pesquisa também se baseou em uma experiência prévia no uso de Inteligência Artificial no apoio ao ensino de Estatística no sistema especialista SEstat [10] [11], cujo desenvolvimento prossegue [12], mas com uma abordagem diferente da adotada no STCEQ.

No SEstat o usuário pode abrir uma base de dados, escolher um estudo estatístico, e responder questões sobre o estudo escolhido: qual variável é independente, qual é dependente, se as variáveis são qualitativas ou quantitativas, entre outras. Baseado em tais respostas o SEstat escolhe a técnica mais apropriada, aplicando-a à base de dados, produzindo resultados estatísticos. SEstat é usado para auxiliar os estudantes a compreender como realizar a escolha da técnica estatística mais apropriada para um determinado problema, e para perceber os efeitos de uma decisão incorreta nos resultados. Após dois anos de aplicação em cursos de graduação em engenharia os resultados são encorajadores. Mas, apesar de sua utilidade, o SEstat não contém técnicas de CEQ, nem tampouco proporciona monitoramento constante das respostas dos usuários, o que poderia ser muito útil em um ambiente de treinamento. Além disso, o SEstat teria que ser praticamente reconstruído para incluir características como simulação, bastante desejadas em um ambiente de treinamento em CEQ. Portanto, decidiu-se desenvolver uma nova aplicação, o STCEQ.

O STCEQ é um Sistema Tutorial Inteligente (STI). Neste trabalho um STI é considerado um programa computacional que utiliza técnicas de Inteligência Artificial para simular o pensamento humano em um certo domínio, procurando auxiliar um “aprendiz” na construção de estratégias para resolver problemas ou tomar decisões [13]. A idéia era criar um ambiente em que um usuário pudesse pesquisar livremente sobre conceitos e também resolver problemas de CEQ sob supervisão (supervisão automatizada).

Entre seus requisitos o STCEQ deveria incluir os seguintes itens:

- 1) Ambiente amigável. O STCEQ deveria proporcionar um ambiente amigável, minimizando o tempo necessário para que o usuário dominasse a interação com o sistema, permitindo que o usuário passasse ao que realmente interessa o mais rápido possível. O STCEQ inclui dois modos de interação, consulta livre de tutoriais (o usuário navega pelos tutoriais de CEQ, como em um documento multimídia) ou resolução de problemas de CEQ (onde o usuário responde questões sobre um processo produtivo).
- 2) Problemas reais de CEQ. Os problemas abrangidos pelo STCEQ deveriam ser problemas “reais” de CEQ, com fluxos produtivos e dados reais. Infelizmente, obter dados reais foi quase que impossível: muito poucas empresas permitiram a utilização de seus dados, mesmo com a promessa de ocultar seus nomes. Decidiu-se então, simular os dados utilizando um gerador de números pseudo-aleatórios. Os fluxos produtivos utilizados, todavia, são reais. Os problemas incluem a interpretação de resultados, considerada uma habilidade extremamente importante a ser desenvolvida. As próximas versões do STCEQ incluirão problemas de escolha e delineamento de técnicas para um problema.

3) Supervisão. Um especialista em CEQ e um tutor fazem parte do STCEQ. O especialista é responsável pelas respostas “corretas” das questões apresentadas aos usuários, e o tutor compara as respostas de especialista e usuário, registra as diferenças, calcula o desempenho do usuário, e sugere o que deve ser feito em seguida (próximo problema a resolver, que tutorial consultar)

O STCEQ também deveria permitir mostrar a trajetória prévia do usuário (tutoriais consultados, problemas resolvidos, desempenho), permitindo um melhor planejamento da interação em curso. E o usuário deveria ter controle total sobre a interação: podendo seguir ou não as recomendações do tutor. Todas estas características foram implementadas no sistema desenvolvido.

4. ESTRUTURA DO STCEQ

O STCEQ é um sistema modular, usando uma abordagem orientada a objeto. Isso permite sua futura expansão e facilita a manutenção. Sua estrutura inclui os seguintes módulos.

- Aprendiz. Armazena todas as informações sobre os usuários do STCEQ, sendo cada usuário uma instância deste módulo. Cada vez que um usuário acessa o sistema suas informações são atualizadas, e suas atividades prévias (tutoriais consultados, problemas resolvidos e desempenhos) são apresentadas, para orientar o usuário na nova interação.
- Simulador. Inclui um gerador de números pseudo-aleatórios, e todas as técnicas de CEP e Estudos de Capacidade de Processos. Gera todos os resultados utilizados nos problemas, sendo que seus algoritmos [14] foram testados estatisticamente para aleatoriedade e aderência às distribuições.
- Problema. Armazena todos os problemas que podem ser apresentados ao usuário (incluindo os tutoriais associados a cada problema), cada problema é uma instância deste módulo. Também envia as informações necessárias para que o Simulador gere os resultados e para que o módulo Especialista responda as questões.
- Tutorial. Armazena os tutoriais que podem ser consultados. Cada tutorial é uma instância deste módulo.
- Especialista. Resolve os problemas juntamente com o usuário, e envia suas conclusões ao módulo Tutor.
- Tutor. Contém o conhecimento pedagógico, e baseado nas conclusões do Especialista apresenta um diagnóstico sobre as respostas do usuário, e o melhor curso de ação a seguir. Também atualiza o módulo Aprendiz com o problema recém resolvido e o desempenho do usuário.
- Interface. Apresenta toda a informação ao usuário.

A Figura 1 resume a estrutura do STCEQ.

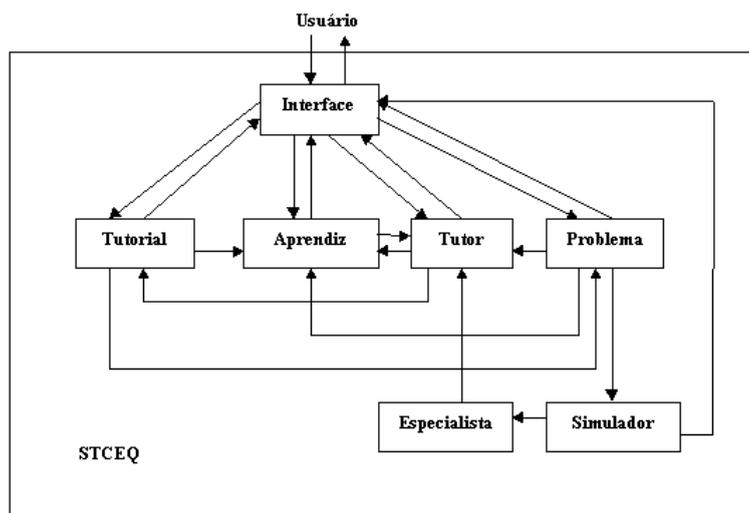


Figura 1 – Estrutura do STCEQ

Os tutoriais foram elaborados como apresentações do Microsoft PowerPoint®, o que torna a sua manutenção mais fácil. Entretanto, nas próximas versões os tutoriais incluirão simulação, o que exigirá a implementação em uma linguagem de programação. As apresentações dos problemas (descrição da empresa, processo produtivo, problema da Qualidade) também foram implementadas

como apresentações do Microsoft PowerPoint ®, mas os resultados apresentados ao usuário vêm do módulo Simulador.

O STCEQ foi desenvolvido como uma aplicação “stand-alone” (há a intenção de construir uma versão para uso em rede ou mesmo na INTERNET), em um ambiente Windows. Uma “shell” para construção de sistemas especialistas, Intellicorp Kappa-PC 2.4 ®, foi utilizada para desenvolver o protótipo. O sistema tem como público-alvo estudantes de graduação de engenharia que já cursaram uma disciplina de Estatística, e que estão interessados em CEQ.

5. EXEMPLO DE INTERAÇÃO

Algumas telas do STCEQ são apresentadas nas próximas figuras (originalmente com resolução 800x600).

Assim que o usuário acessa o sistema seus primeiro e último nomes são pedidos, a título de identificação. Após escrevê-los o usuário pode continuar a interação ou deixar o STCEQ. O módulo Aprendiz ira varrer todas as suas instâncias procurando um nome que coincida exatamente com os nomes do usuário. Se não houver coincidência o STCEQ apresenta uma mensagem de boas vindas e recomenda a resolução do problema 1. Se o usuário acessou previamente o sistema o módulo Aprendiz irá apresentar um relatório com sua trajetória prévia, tal como na figura 2.

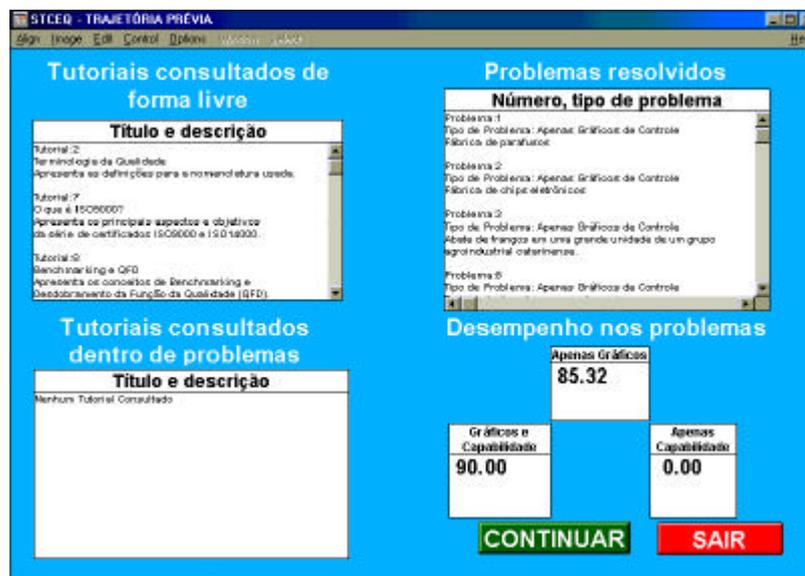


Figura 2 – Trajetória prévia do usuário

No canto superior esquerdo da figura 2 estão os tutoriais que o usuário consultou de forma livre (títulos e descrição). No canto inferior esquerdo estão os tutoriais consultados durante a resolução de problemas. No canto superior direito estão os problemas resolvidos (número, tipo e descrição). Finalmente, no canto inferior direito da figura 2 estão as médias do desempenho do usuário nos três tipos de problemas. Desta forma o usuário terá uma idéia de todas as suas atividades prévias, o que se espera auxiliará no planejamento das futuras interações. Se o usuário decidir continuar o menu principal do STCEQ (não mostrado neste trabalho) será apresentado.

No menu principal do STCEQ o usuário pode escolher entre consultar livremente tutoriais ou resolver problemas de Controle Estatístico da Qualidade.

Se o usuário decide consultar livremente tutoriais uma tela contendo os conceitos abordados pelo STCEQ (e que constituem o conteúdo do modelo para o ensino do CEQ) é apresentada, tal como na figura 3. Os tutoriais são agrupados em 5 grandes áreas: conceitos básicos sobre Qualidade e gerenciamento total da Qualidade, conceitos básicos sobre CEQ, Aceitação por Amostragem, Controle Estatístico de Processos, e Planejamento de Experimentos. Por razões didáticas os tutoriais de CEP foram subdivididos entre Gráficos de Controle (por sua vez subdividido em 4 áreas) e Estudos de Capacidade de Processos. O usuário pode retornar ao menu principal (pressionando VOLTAR), sair

do sistema (pressionando SAIR) ou pressionar um botão que leva a outras telas, cada uma com todos os tutoriais de uma área ou subdivisão específica: o tutorial será apresentado assim que o usuário pressione o botão com seu título.

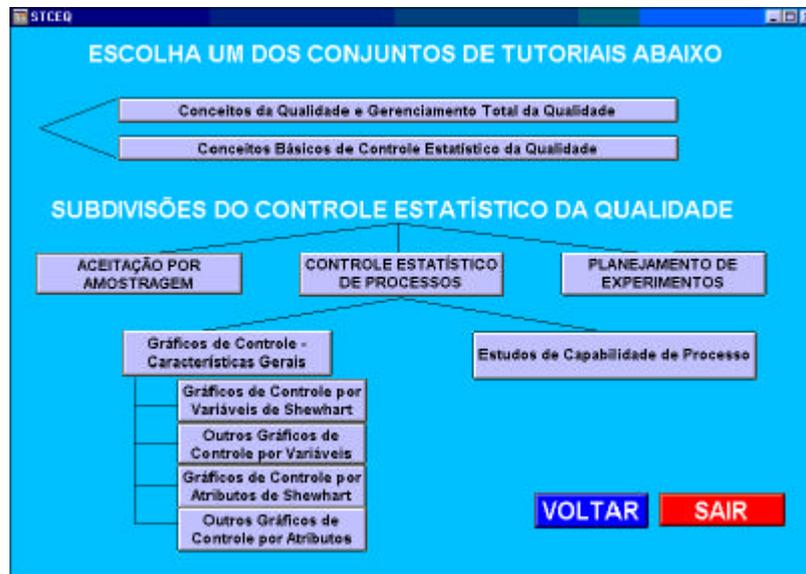


Figura 3 – Menu de tutoriais do STCEQ

Se o usuário decidir resolver problemas de CEQ uma tela como a da figura 4 será mostrada. Os problemas são agrupados em três tipos, de acordo com as técnicas envolvidas: Gráficos de Controle, Estudos de Capabilidade, Gráficos de Controle seguidos de Estudos de Capabilidade. Na atual versão do STCEQ há apenas um nível de dificuldade: o usuário responde questões sobre os resultados gerados pelo sistema, interpreta os resultados. Nas próximas versões do STCEQ serão incluídas questões sobre escolha e delineamento de técnicas. Os problemas resolvidos previamente pelo usuário têm a cor dos seus botões modificada, para evitar a repetição da resolução. Além disso, após ter visto seu desempenho prévio, o usuário pode escolher com mais cuidado o próximo passo. Assim que um problema é escolhido, simplesmente pressionando o botão com o seu título, o STCEQ apresenta a sua descrição através de uma apresentação do Microsoft PowerPoint®. O usuário pode decidir resolver realmente o problema ou retornar à tela anterior. Se decidir resolver o problema, o módulo Problema envia uma mensagem ao módulo Simulador, que produz então todos os resultados, como os gráficos de controle de médias e intervalos mostrados na figura 5.



Figura 4 – Conjunto de problemas do STCEQ

O usuário irá responder questões baseado em resultados estatísticos, por exemplo, se o processo sob análise (retratado nos gráficos de controle) está sob controle estatístico e por quê. O módulo Especialista também irá responder as mesmas questões, e o módulo Tutor irá comparar as respostas de ambos, avaliar o desempenho do usuário e recomendar o melhor curso de ação, seja consultar tutoriais, resolver outros problemas no mesmo tópico, ou passar para o tópico seguinte, por exemplo. O usuário pode deixar o STCEQ a qualquer momento, ou voltar a um passo anterior, bem como ignorar as recomendações do módulo Tutor, sejam tutoriais que deveriam ser consultados ou problemas que deveriam ser resolvidos.

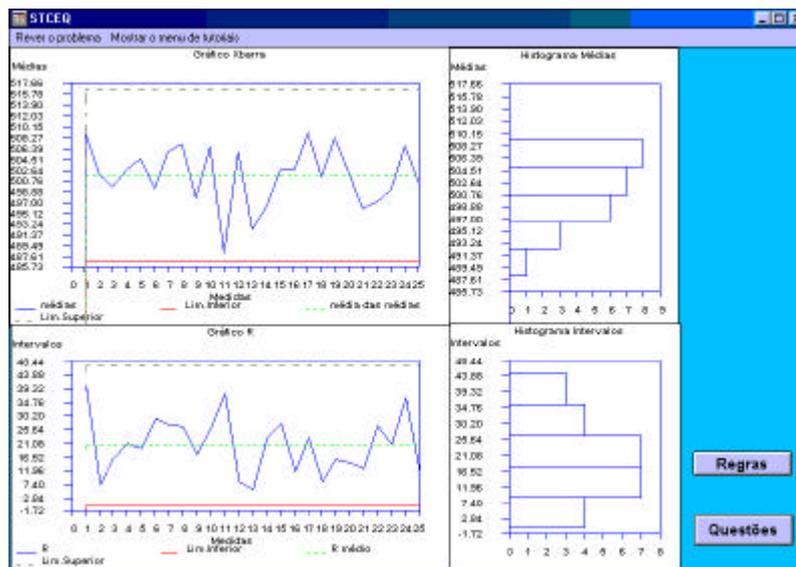


Figura 5 – Resultados do módulo Simulador do STCEQ – Gráficos de Controle de Médias e Intervalos

6. EXEMPLO

Um pequeno exemplo de interação será apresentado. Um usuário decide resolver problemas de CEQ. O usuário precisa escolher entre os problemas mostrados na figura 4. Neste exemplo o usuário escolheu o “Problema 11”. Ao pressionar o botão com o título do problema surge a apresentação do problema, mostrada na figura 6.

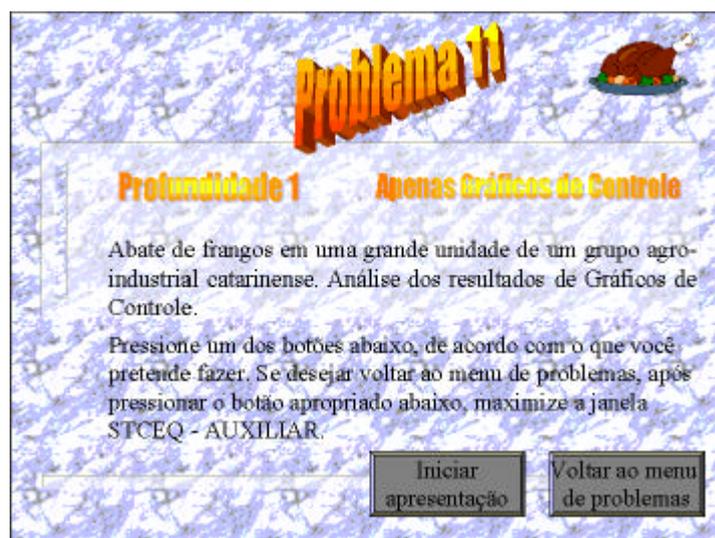


Figure 6 – Apresentação do problema

A apresentação do problema declara o tipo de problema (“Apenas Gráficos de Controle”), a profundidade (“Profundidade 1”), e uma breve descrição do problema (análise de um processo de

abate de frangos). O usuário pode realmente iniciar a apresentação (pressionando “Iniciar apresentação”) ou retornar ao conjunto de problemas do STCEQ (pressionando “Voltar ao menu de problemas”). Neste exemplo o usuário decidiu realmente iniciar a apresentação: todas as informações sobre a empresa, seu processo produtivo e o problema da Qualidade são mostradas a ele, que pode controlar o ritmo da apresentação e repeti-la quantas vezes for necessário. Neste problema o usuário precisa analisar um gráfico de controle p (fração de defeituosos), para verificar o que está acontecendo com o processo. Finalizada a apresentação o STCEQ pergunta ao usuário sobre o próximo passo: realmente resolver o problema (gerar os resultados através do módulo Simulador) ou retornar ao conjunto de problemas. Novamente, supõe-se que ele escolheu resolver o problema.

Com as informações advindas do módulo Problema (pela sua instância “Problema 11”), o módulo Simulador gera os dados necessários para plotar o gráfico de controle p. Os resultados são apresentados na figura 7.

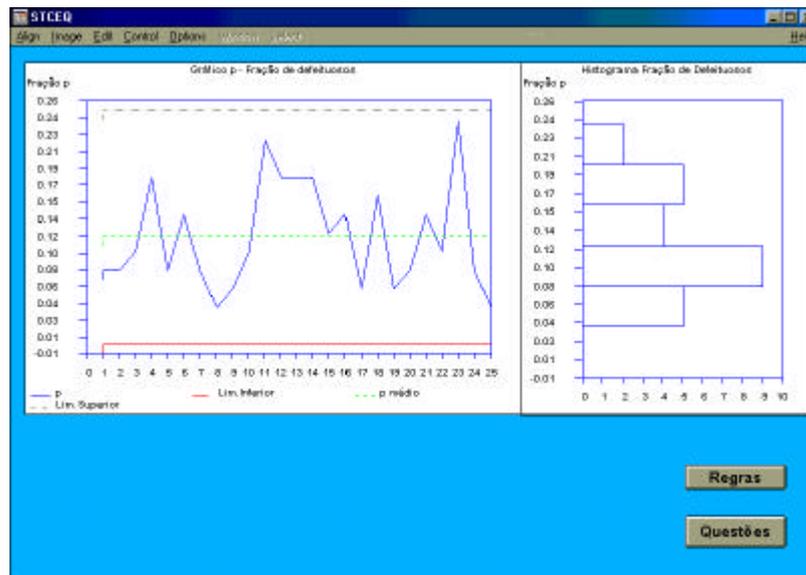


Figura 7 – Gráfico de controle p

No lado esquerdo da figura 7 está o gráfico de controle p (25 subgrupos, 25 frações de frangos não conformes). No lado direito está um histograma de 5 barras das 25 frações (permitindo que o usuário visualize se os dados são normalmente distribuídos). No canto inferior direito da figura 7 há dois botões: “Regras”, que uma vez pressionado levará a uma tela (não mostrada neste artigo) onde o usuário pode aplicar uma série de regras heurísticas ao gráfico de controle (para identificar se o processo está fora de controle ou não); e “Questões”, que uma vez pressionado irá causar a apresentação das duas primeiras questões relacionadas ao problema. Há nove regras que podem ser aplicadas a um gráfico de controle simples (se houver dois gráficos, para médias e intervalos por exemplo, como na figura 5, as regras são apresentadas para cada gráfico). Com base nos resultados das regras, e na própria observação dos gráficos espera-se que o usuário possa afirmar se o processo está sob controle estatístico ou não. O usuário deve decidir quais regras são apropriadas para cada tipo de gráfico: por exemplo, algumas regras apropriadas para gráficos de médias e intervalos (nos quais as observações são consideradas independentes e identicamente distribuídas) não podem ser usadas em gráficos CUSUM ou EWMA (nos quais as observações são relacionadas).

Se o usuário decidir responder as questões (pressionando “Questões”), a tela da figura 8 será apresentada. Na primeira questão o usuário irá simplesmente declarar se o processo está sob controle estatístico (“SIM”) ou fora de controle (“NÃO”). Apenas uma única resposta é possível. Na segunda questão o usuário irá enumerar os motivos para a resposta na primeira questão, podendo marcar mais de uma opção. O usuário deve marcar as opções com base na aparência dos gráficos e dos resultados das regras (caso as tenha aplicado).

O usuário também tem a opção de examinar os gráficos novamente (pressionando “MOSTRAR GRÁFICOS NOVAMENTE”), retornar ao conjunto de problemas do STCEQ

(pressionando “VOLTAR AO MENU DE PROBLEMAS”), ou rever a apresentação do problema (escolhendo um menu na parte superior da tela), ou consultar um tutorial (novamente, escolhendo um menu na parte superior da tela) ou mesmo deixar o sistema (pressionando “SAIR DO STCEQ”). Assim que o usuário tiver respondido a questão, a avaliação do sistema pode ser pedida (pressionando “AVALIAR RESPOSTAS”). O usuário não pode ir para a próxima questão (pressionando “PRÓXIMA QUESTÃO”), sem ter dado respostas aceitáveis para estas duas primeiras questões.

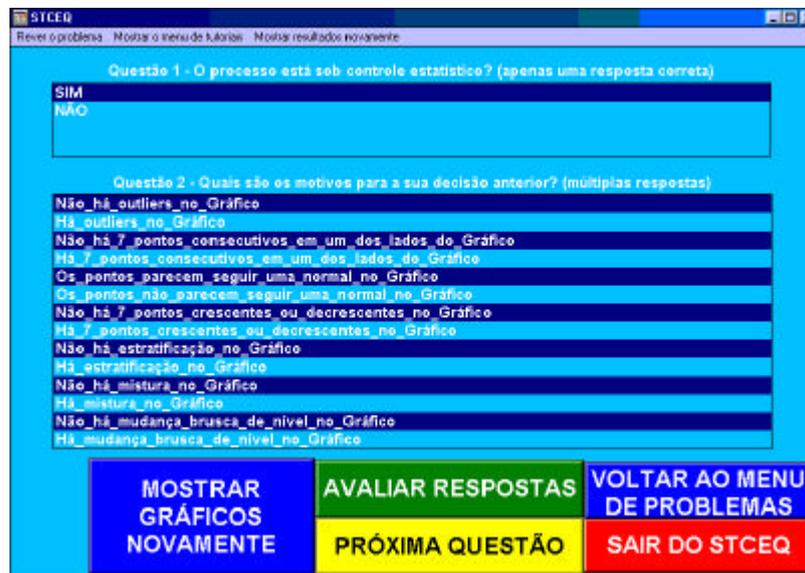


Figura 8 – Algumas questões do STCEQ

Como a avaliação funciona? O STCEQ compara as respostas do usuário com as do módulo Especialista. De acordo com as diferenças encontradas algumas recomendações são feitas, procurando fazer com que o usuário perceba os erros cometidos (claro que se não houver erro uma mensagem de parabenização é emitida). Diagnósticos incompletos são considerados, mas apenas em alguns casos: para concluir que um processo está sob controle estatístico o usuário precisa marcar todas as opções que indicam esta condição, mas para concluir que o processo está fora de controle o usuário precisa marcar apenas uma das opções que identificam tal condição, e logicamente nenhuma opção incorreta (um diagnóstico incompleto mas aceitável). Essa abordagem é usada na avaliação de todas as questões que permitem a marcação de mais de uma opção.

Assim que o usuário respondeu todas as questões do problema, o STCEQ prepara um relatório a respeito. O relatório é dividido em três partes.

A primeira parte contém as informações básicas sobre o problema recém resolvido, e é mostrada na figura 9: número do problema (“Problema”), profundidade do problema (“Profundidade”), número de questões (“N. de Questões”), e tipo de problema (“Tipo de Problema”): *apenas gráficos de controle, apenas estudos de capacidade, gráficos de controle seguidos de estudos de capacidade*. Além disso, é apresentado o desempenho do usuário em cada questão (um número de 0 a 100, 0 significando o pior e 100 o melhor). Os desempenhos são calculados de acordo com o número de repetições (respostas erradas) que o usuário realizou na questão: uma repetição causa uma redução de 10 pontos no desempenho. Respostas incompletas, mas aceitáveis, causam uma redução de 5 pontos (apenas para questões que permitem marcar mais de uma opção).

A segunda parte do relatório apresenta um diagnóstico geral sobre o desempenho do usuário no problema recém resolvido, e é mostrada na figura 10. Calcula-se a média do desempenho do usuário no problema (questões com possibilidade de múltiplas respostas têm um peso maior). Um classificador, que utiliza lógica difusa, categoriza o desempenho do usuário como ótimo, satisfatório ou insatisfatório. De acordo com esta categorização, o STCEQ pode recomendar alguns tutoriais, que poderiam auxiliar o usuário a compreender melhor os conceitos abordados no problema recém resolvido: para um desempenho ótimo nenhum tutorial será recomendado; para um desempenho satisfatório, apenas os tutoriais ditos complexos (associados ao problema) são recomendados; e para

um desempenho insatisfatório todos os tutoriais associados ao problema são recomendados. Neste exemplo o desempenho do usuário foi considerado insatisfatório (65.79), portanto todos os tutoriais serão recomendados.

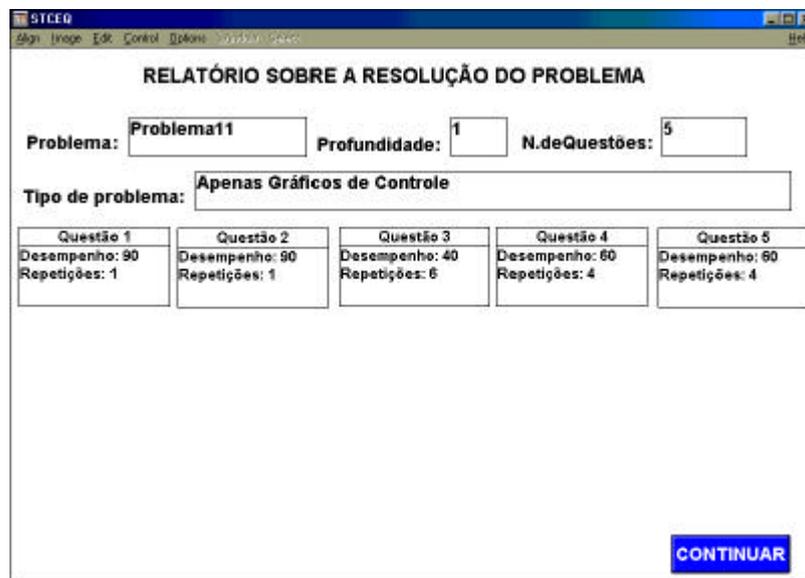


Figura 9 – Primeira parte do relatório do STCEQ

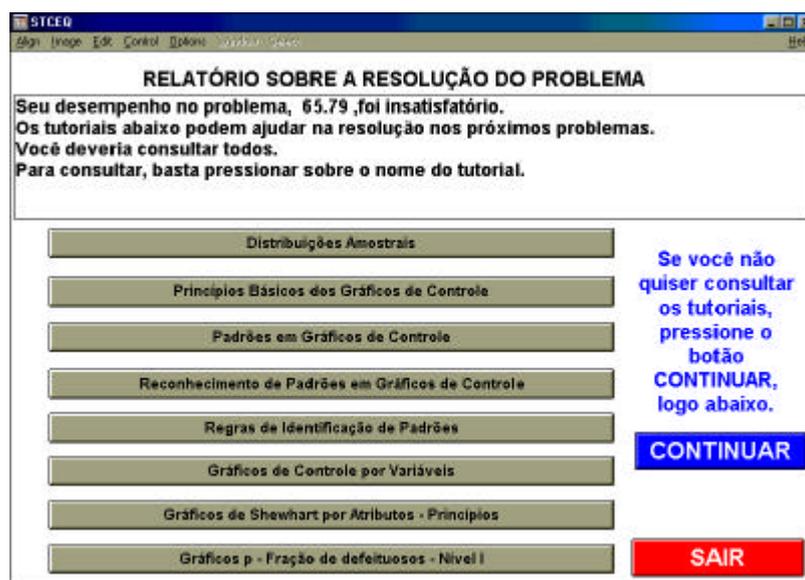


Figura 10 – Segunda parte do relatório do STCEQ

O usuário pode escolher a seqüência de consulta dos tutoriais, ou mesmo não escolher nenhum deles e continuar a interação (pressionando “CONTINUAR”).

A terceira e última parte do relatório, mostrada na figura 11, apresenta um resumo do desempenho do usuário em todos os tipos de problemas resolvidos previamente. O STCEQ também verifica quantos problemas ainda não foram resolvidos em cada tipo e recomenda qual deles o usuário deveria resolver em seguida.

Novamente, o usuário pode escolher qualquer um dos problemas recomendados, ou nenhum deles. O usuário pode retornar ao conjunto de tutoriais do STCEQ (pressionando “VOLTAR AO MENU DE TUTORIAIS”), ou ao conjunto de problemas do STCEQ (pressionando “VOLTAR AO MENU DE PROBLEMAS”), ou mesmo deixar o sistema (pressionando SAIR).

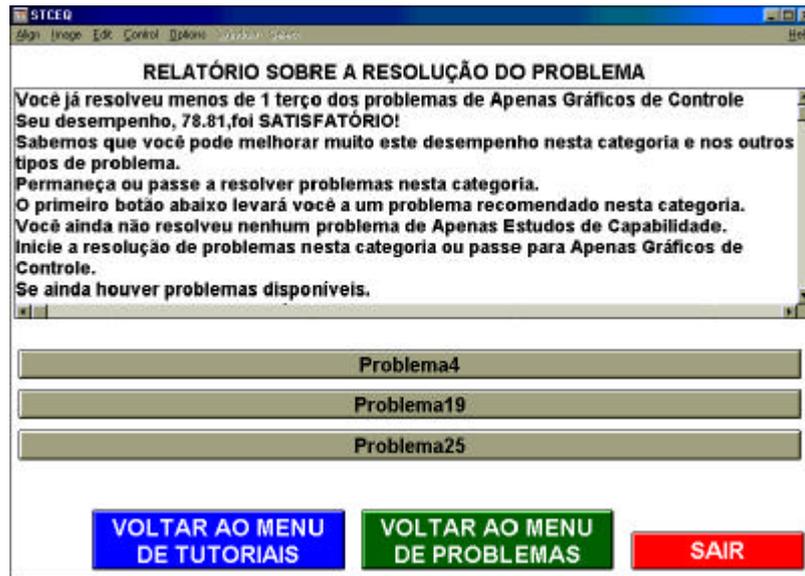


Figura 12 – Terceira parte do relatório do STCEQ

7. CONCLUSÕES

Não obstante sua importância e ensino disseminado, o Controle Estatístico da Qualidade (CEQ) vem sendo empregado de forma inadequada em muitas empresas, no Brasil e em outros países. Para tentar resolver este problema, que pode ser causado por um treinamento inadequado, foi desenvolvido um modelo para o ensino do CEQ, o qual se materializou em um trabalho de doutorado. Uma pesquisa sobre o emprego do CEQ nas organizações, e sobre o ensino do CEQ nos cursos superiores de engenharia e estatística do Brasil, contribuiu para a definição do conteúdo e metodologia do modelo, e constatou a oportunidade de incorporar um ambiente computacional ao modelo, para prática dos conceitos e habilidades necessários. Pesquisa posterior sugeriu que o ambiente computacional poderia utilizar uma abordagem de Inteligência Artificial, que obteve bons resultados em diversas aplicações em educação: decidiu-se que o ambiente seria um Sistema Tutorial Inteligente, chamado de STCEQ – Sistema Tutorial Inteligente para Controle Estatístico da Qualidade. Este artigo apresentou suas principais características, e mostrou um exemplo de interação entre um usuário e o sistema.

Uma série de testes foram realizados com alunos e professores da Universidade Federal de Santa Catarina. O STCEQ foi considerado uma ferramenta muito útil para auxiliar o ensino de CEQ. Aparentemente as características do STCEQ podem incrementar bastante o aprendizado dos conceitos de Controle Estatístico da Qualidade. O sistema proporciona um ambiente amigável para um engenheiro praticante (com um conhecimento prévio sobre CEQ), ou alguém vendo o assunto pela primeira vez. Graças ao gerador de números pseudo-aleatórios do módulo Simulador o usuário sempre obtém um resultado diferente cada vez que resolve um problema, o que o força a realmente analisar os resultados. O acompanhamento contínuo e personalizado das ações do usuário, feito pelo módulo Tutor, permite identificar deficiências na aprendizagem e apresentar sugestões para sanar tais problemas. O relatório apresentado com as atividades prévias do usuário ajuda-o a planejar com mais cuidado a interação em curso.

Há intenção de expandir o sistema, adicionando mais níveis de dificuldade aos problemas (problemas sobre escolha e delineamento de técnicas), incluir simulação nos tutoriais, e melhorar a interface. Mas o objetivo mais importante talvez seja a implementação de uma versão “web-based” do STCEQ, possibilitando o seu uso em programas de ensino a distância.

8. BIBLIOGRAFIA

[1] ALWAN, L., ROBERTS, H.V. “The Problem of Misplaced Control Limits,” Applied Statistics 44 No.3, 269-278, 1995.

- [2] EPPRECHT, E. K., MACHADO NETO, W. M. Um Sistema a Base de Conhecimentos para Assistência em Controle Estatístico da Qualidade, ENEGEP, 1996.
- [3] BRÄNSTROM-STENBERG, A., DELERYD, M. Implementation of Statistical Process Control and Process Capability Studies: requirements or free will? Total Quality Management, Vol. 10, Nos. 4 & 5, pp. 439-446, 1999.
- [4] DAHLGAARD, J.J., KRISTENSEN, K., KANJI, G.K., JUHK, H.J., SOHAL, A.S. Quality Management Practices: a comparative study between East and West, International Journal of Quality and Reliability Management, Vol. 15, No. 8/9, pp. 812-826, 1998.
- [5] LEE, T.Y., LEUNG, H.K.N., CHAN, K.C.C. Report on a consultancy study on companies and organizations in Hong-Kong. The Hong-Kong Quality Journey, SAR, 1997.
- [6] WESTERN ELECTRIC COMPANY, Inc. Statistical Quality Control Handbook. New York: Mack Printing Company, 1956.
- [7] DUNCAN, A. J., Quality Control and Industrial Statistics, 5th Ed, Irwin, Illinois, 1986.
- [8] REIS, M. M., Um modelo para o ensino do Controle Estatístico da Qualidade. Florianópolis. Julho de 2001. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção)- Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC (não publicada).
- [9] NEAVE, H.R., "I shall teach... the theory of a system and cooperation". Training for Quality, Volume 4, No.4, 1996, pp.25-31.
- [10] CECHINEL, C. E MOREIRA, L. , Sistema Especialista de Apoio ao Ensino de Estatística, Projeto de Conclusão de Curso de Ciências da Computação, Florianópolis, UFSC, Julho de 1998.
- [11] CECHINEL, C., REIS, M.M., OHIRA, M., NASSAR, S. M., "The Use of an Expert System to Support Statistics Teaching," Proceedings of Computers and Advanced Technology in Education (CATE '99), Philadelphia, Pennsylvania, EUA, 1999.
- [12] DIAS, K. M. , Sistema Especialista para Auxílio ao Ensino de Estatística, Projeto de Conclusão de Curso de Ciências da Computação, Florianópolis, UFSC, Dezembro de 2000.
- [13] FOWLER, D.G., "A Model for Designing Intelligent Tutoring Systems," Journal of Medical Systems, 15 (1), 1991.
- [14] - DACHS, J. N.W., Estatística Computacional, Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda., Rio de Janeiro, 1988.

9. AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de agradecer o apoio financeiro do CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, uma entidade governamental que visa ao desenvolvimento científico e tecnológico.