

GESTÃO DE CÁLCULO™

Reduzindo o Risco e Aumentando a Produtividade
das Empresas de Engenharia

*Allen Razdow
Vice-Presidente Sênior de Planejamento Estratégico
Mathsoft Engineering & Education, Inc.*

ÍNDICE

SUMÁRIO: O CASE DA GESTÃO DE CÁLCULO NAS EMPRESAS DE ENGENHARIA	3
CÁLCULO: TAREFA OU PROCESSO DE NEGÓCIOS?	4
O CÁLCULO É UM PROCESSO CRÍTICO DE ENGENHARIA.....	4
O MELHORAMENTO DO PROCESSO EXCEDE A TAREFA DA AUTOMAÇÃO.....	5
GESTÃO DE CÁLCULO	5
A VIDA COM O CÁLCULO NÃO-GERENCIADO	5
PRINCÍPIOS BÁSICOS DA GESTÃO DE CÁLCULO	7
OS BENEFÍCIOS DE GERIR O PROCESSO DE CÁLCULO COM O MATHCAD	8
O MATHCAD ENTERPRISE: PROJETADO ESPECIALMENTE PARA A GESTÃO DE CÁLCULO	9
CONCLUSÃO	10
MAIS SOBRE O MATHCAD®	11

Sumário: O Case da Gestão de Cálculo nas Empresas de Engenharia

Cálculos matemáticos aplicados são a espinha dorsal da engenharia — computar parâmetros críticos de produtos, analisar dados de testes e prever o desempenho do produto. Ao lembrar dos seus primeiros anos como termodinamicista, Ben Rich, da legendária Lockheed Skunk Works, diz: “Nós éramos os experts analíticos, a elite da fábrica, os que decretavam os tamanhos, as formas e diziam aos desenhistas o que desenharem.”

Na verdade, cada decisão de projeto é composta de inúmeros cálculos durante cada etapa do desenvolvimento de produto. Mesmo assim, esses cálculos não são gerenciados, por si. Os sistemas da Gestão de Dados de Produto (PDM, em inglês) e da Gestão do Ciclo de Vida do Produto (PLM, em inglês), acompanham os resultados dos cálculos, porém não do cenário completo, que inclui suposições subjacentes.

Os cálculos nas empresas de engenharia, hoje, são realizados a mão, em calculadoras e planilhas, por meio de programas escritos ou empregando software matemático, e se espalham em mesas de trabalho, discos rígidos pessoais, sistemas de gerenciamento de documentos e arquivos de aço. Deixando de gerenciar os cálculos (por meio de tecnologia padronizada, armazenamento centralizado e disponibilidade global, para começo de conversa), as empresas arriscam reprojeto desnecessários e erros desastrosos, ao que desperdiçam capital intelectual. A gestão de cálculo é, em si própria, um processo de negócios de criticidade de missão, complementar à PDM e à gestão do conhecimento.

Felizmente, não é muito difícil, nem tão oneroso, começar a gerir os cálculos como processos de negócios, pelo que as empresas de engenharia contam com a oportunidade de obter significativo retorno sobre seu investimento.

Uma Questão de Cálculo: O Desmoronamento da Ponte de Tay

O desmoronamento da Ponte de Tay, na Escócia, durante tremendo um vendaval em 28 de dezembro de 1879, menos de dois anos após ter sido concluída, é uma das mais famosas quedas de ponte. Seu projetista, Thomas Bouch, fora condecorado como cavaleiro quando a obra terminou, mas a glória foi fugaz. Uma comissão de inquérito responsabilizou-o pelo desastre por ter pressuposto uma carga de vento de 10 lbs./pol².

Fonte: Página do Desastre da Ponte de Tay <http://www.tts1.demon.co.uk/tay.html>

■ ■ ■
*Deixando de gerenciar os
cálculos, as empresas
arriscam reprojeto
desnecessários e erros
desastrosos, ao mesmo
tempo desperdiçando
capital intelectual.*

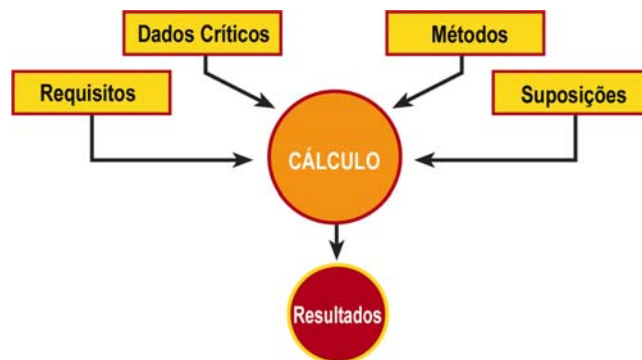
CÁLCULO. TAREFA OU PROCESSO DE NEGÓCIOS?

As empresas prestam suporte de engenharia, hoje, no âmbito da automação de tarefa. Os engenheiros geralmente escolhem suas próprias ferramentas, que vão desde aquelas contidas em cadernos espiralados e calculadoras, a software de matemática com base em sua preferência pessoal, bem sob o radar de suas organizações de TI. Trata-se de um caminho de resistência menor: os engenheiros mantêm sua liberdade artística e a TI não tem que se preocupar com isso. Portanto, mudar por quê? Porque o cálculo é um processo crítico de engenharia, e uma vez que as empresas comecem a tratá-lo assim, estarão prontas a ganhar benefícios substancialmente maiores de seus investimentos em ferramentas de cálculo.

O Cálculo é Um Processo Crítico de Engenharia

A ABET* define o projeto de engenharia como “aquele que origina um componente de sistema, ou o processo para atender necessidades almeçadas. É um processo decisório (por vezes interativo), no qual as ciências básicas, a matemática e as ciências de engenharia são aplicadas para converter, de maneira otimizada, recursos para atingir objetivo declarado.”

A matemática e a análise seguem um processo decisório interativo, de acordo com o esquema abaixo:



Cálculos individuais são um entremeado de dados em bruto, know-how prático, leis da matemática e princípios científicos que respondem à simplória, porém vital pergunta: “Que espessura deve ter esta parede para agüentar a carga exigida?” O processo de cálculo — adentrando-se no decorrer do projeto — é fundamentalmente o que faz a engenharia ir além das tentativas e do palpite.

Imagine uma planilha de processo de engenharia de um grande projeto. Seria algo enorme, com curvas e ramificações entre subprojetos. A corrente decisória contaria com inúmeros afluentes, inclusive o fluxo dos cálculos. Na verdade, pode-se dizer, com segurança, que o histórico de processos de cálculos — entrada de dados, suposições, métodos e resultados — está entre os mais importantes registros de um projeto de engenharia. Quaisquer sucessos ou falhas acabam refletindo-se conclusivamente nele.

■ ■ ■
*O processo de cálculo –
adentrando-se no
decorrer do projeto – é
fundamentalmente o que faz a
engenharia ir além das
tentativas e do palpite.*

O Melhoramento do Processo Excede a Tarefa da Automação

A gestão de cálculos é, em larga escala, uma questão de aplicar princípios e tecnologia sólidos do reino da gestão da informação e do bom e velho housekeeping à bagunça dos atuais cálculos.

No mundo dos negócios, é de senso comum e de amplo conhecimento que a automatização de um processo de negócios oferece um retorno mais alto, no investimento de tecnologia, que automatizar tarefas. No final dos anos 80, a firma consultora Nolan, Norton & Co. quantificou o fenômeno, citando o modesto ROI (10 a 20%) na automação de tarefas e um impressionante retorno de mais de 300% na automação de processos. Hoje, o mais importante expert em investimento de TI relacionado com produtividade de mão de obra é Eric Brynjolfsson, professor do Centro de e-Business da Faculdade Sloan de Administração, do Massachusetts Institute of Technology. Ele passou vários anos estudando as mudanças nos processos de negócios, pequenos e grandes, que se precipitam a partir de novas tecnologias e os quais, ele acredita, sejam responsáveis pelos ganhos realmente extraordinários na produtividade.

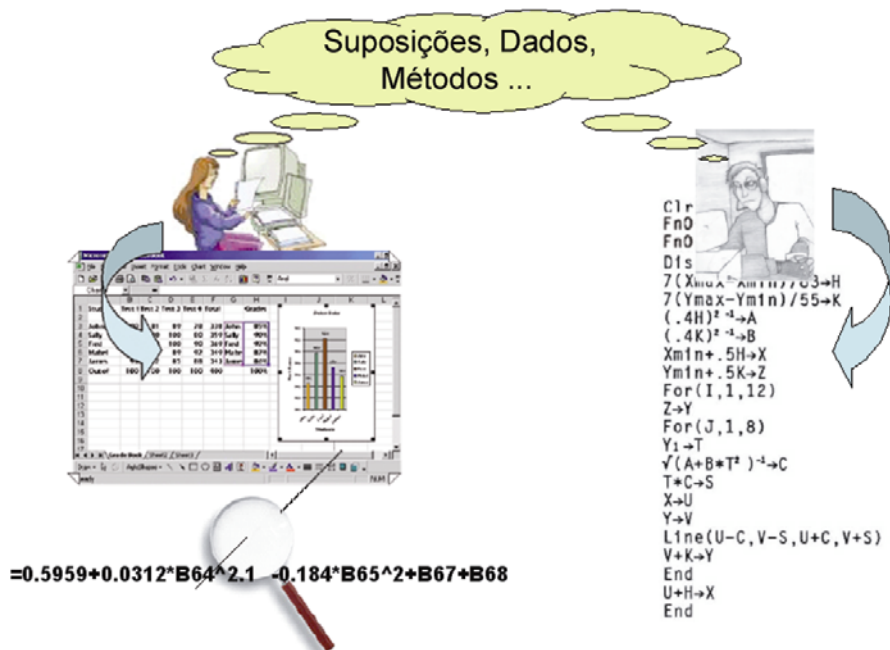
Brynjolfsson estudou 1.167 empresas de grande porte em 41 indústrias, concluindo que o crescimento da produtividade emerge da combinação de novas tecnologias e de novos processos de negócios. Fazendo palestra em conferência de e-Business em Cambridge, Massachusetts, EUA, em 2002, Brynjolfsson disse que a produtividade e o valor de mercado das empresas não estavam ligados tanto aos investimentos em TI e sim em “como essas empresas empregavam a tecnologia. Era o que elas faziam com a tecnologia. E também sua cultura corporativa, sua atitude em relação a todo um conjunto de decisões ligadas à informação”.

GESTÃO DE CÁLCULO

A gestão de cálculo não é uma ciência de foguetes espaciais. É, em larga escala, uma questão de aplicar princípios e tecnologia sólidos do reino da gestão da informação e do bom e velho housekeeping à bagunça dos atuais cálculos.

A Vida com o Cálculo Não-gerenciado

Vamos imaginar um grupo de engenheiros fazendo brainstorm em torno do redesenho de um eixo, numa sala de reunião. Depois de terminada a reunião, Fred e Mary trabalham em seus cálculos com dois componentes-chave.



Mary cria uma planilha para prever o tipo e o número de rolamentos que deveriam ser utilizados, e Fred digita um programa para calcular a tensão numa junta em U modificada, para uso fora-de-estrada. Na ilustração, vemos uma fórmula na planilha de Mary e um pouco da codificação de Fred. Esses são, essencialmente, os únicos registros da empresa daquele brainstorm. Apagaram o quadro-negro. As anotações de Fred estavam no bloco que ele levava à reunião, e as de Mary num caderno espiralado em sua mesa de trabalho.

No decorrer do projeto, as respostas fornecidas pela planilha e pelo programa formaram a base dos cálculos deles resultantes.

■ ■ ■

Experiências controladas demonstram que de 40% a 80% das planilhas contém erros em seu início.

As planilhas dos rolamentos, de Mary, posteriormente foram adaptadas para cálculos de outras peças. Uma auditoria-surpresa revelou erros em 5% das células. A empresa vinha gastando em excesso em rolamentos. Mas, pelo menos, um projeto em excesso não oferece perigo ao consumidor. Enquanto isso, as novas juntas em U falharam repetidamente ao rodar sobre toras. Um recall poderá ser necessário e uma fonte investigadora do governo quer saber por que suposições foram empregadas para o flexionamento do eixo sobre terreno irregular. O programa de Fred ainda está no sistema de gerenciamento de documento, mas o próprio Fred está achando complicado refazer seu código.

Cenários como esse são preocupantemente comuns em empresas baseadas em engenharia, com graus variáveis de impacto.

O Problema das Planilhas

O expert em planilhas, Raymond Panko, da Universidade do Hawai, escreveu que “Todo estudo que tem se proposto a medir erros, sem exceção, encontra-os em índices que seriam inaceitáveis em qualquer organização.”

Rick Butler, auditor que escreve e fala muito sobre planilhas, declara que experiências controladas demonstram que de 40% a 80% das planilhas contém erros em seu início. Os desenvolvedores da planilha não percebem mais de 80% de seus próprios erros, e técnicos de fora não notam mais de 50% da lógica do projeto e 34% de erros em aplicativos.

Em 1987, Davies e Ikin pesquisaram 19 planilhas que haviam sido utilizadas e julgadas corretas por 10 desenvolvedores em 10 empresas diferentes. Quatro delas continham graves erros quantitativos, e $\frac{3}{4}$ delas continham erros quantitativos ou qualificativos. Um desses erros envolvia uma transferência de fundos de 7 milhões de dólares entre departamentos. Num outro caso, números de conversão inconsistente de câmbio apareciam em diferentes trechos da planilha.

Fontes: Raymond R. Panko, “What We Know About Spreadsheet Errors” (“O que se Sabe sobre Erros em Planilhas”), terceiro trimestre de 2000, do website Spreadsheet Research; Rick Butler, “The Subversive Spreadsheet” (“A Planilha Subversiva”), European Spreadsheet Risks Interest Group.

Cálculos não-gerenciados contribuem para os seguintes problemas, em nível de empresa:

- *Risco*: Os programas de computador são difíceis para reverter a engenharia, pelo que a probabilidade de eles serem checados formal ou informalmente cai a quase zero. Isso quer dizer que erros provavelmente acabam indo em frente, na torrente da produção ou, pior ainda, acabam no produto final.
- *-Retrabalho e Perda de Tempo* Cálculos precariamente documentados são perigosos de serem reutilizados. Isso significa que os mesmos problemas terão de ser resolvidos várias vezes. E a programação patina.
- *Perda de Conhecimento* Se as lições de Fred e Mary fossem expostas, em seus trabalhos, elas poderiam ser refinadas e empregadas em favor de vários projetos.
- *Caminhos Obscuros para a Auditoria*: Numa emergência, a equipe de engenharia que não consiga retrair seus passos logo, logo arrisque-se a acrescentar um insulto de Relações Públicas aos problemas já existentes.

■ ■ ■

Cálculos precariamente documentados são perigosos de serem reutilizados. Isso significa que os mesmos problemas terão de ser resolvidos várias vezes.

Princípios Básicos da Gestão de Cálculo

Princípio 1: Gerenciar os cálculos significa gerenciar suposições subjacentes

Enquanto muitas ferramentas, como planilhas e programas, podem com sucesso automatizar os cálculos, as suposições e dados subjacentes àqueles cálculos ficam realmente obscurecidos pela maioria das ferramentas. E, sem as informações por trás das respostas em alguns formulários legíveis e gerenciáveis, quanto é que as empresas estarão dispostas a arriscar reutilizando aquelas respostas no futuro?

As suposições não registram a si próprias, mas as empresas podem providenciar um ambiente de cálculo (via tecnologia e treinamento) que conduza à documentação meticulosa.

Questões e Cálculos: o Chaparral 2E

Conforme publicado no *Competition Press*, de 8 de outubro de 1966, “O spoiler do novo Chaparral 2E mais que abusou do seu nome, na segunda rodada da série Cam Am.” Por duas vezes, em carros diferentes, as barras que sustentavam o spoiler quebraram e acabaram estourando um pneu cada uma. O spoiler era novo e muito bem bolado, permitindo que o piloto ajustasse seu ângulo de arrasto em freadas ou curvas. O projetista do carro, o famoso Jim Hall, falou de falha causada por fadiga e uma suposição errônea no seu projeto original. Ele calculara a força máxima atuante na ligação supondo uma aceleração lateral de 1G.

Fonte: *Engineering Case Studies (Case Studies de Engenharia)*, ECL 79, Carleton University, Ottawa, Canadá.

[<http://www.civeng.carleton.ca/ECL/reports/ECL79/ec179d.html>]]

■ ■ ■

Suas ferramentas de gestão de cálculo deveriam apresentar uma disposição mais fácil de usar, permitir cópias impressas com as quais fosse fácil trabalhar e que servissem de interface adequada com o respectivo software.

Princípio 2: Libere os cálculos de mídias e aplicativos específicos

A matemática é algo particularmente desafiador. Muitas vezes, quando as equações são representadas mais acessivelmente (por exemplo: em materiais impressos e notas escritas a mão), elas não significam nada, são apenas figuras. Enquanto isso, as fórmulas de trabalho na maioria dos aplicativos são proibidas para o olho humano.

Aqui está um exemplo de equação de engenharia em notação-padrão de matemática, conforme fornecida pelo Mathcad:

o equivalente ruído RMS é aproximadamente

$$I_n := \sqrt{\left(\frac{4 \cdot k \cdot T}{R_p} + \frac{\epsilon_n^2}{R_p^2}\right) \Delta f_v + \frac{4}{3} \cdot \pi^2 \cdot C_S^2 \cdot \epsilon_n^2 \cdot \Delta f_v^3}$$

Aqui é como a mesma equação aparece numa planilha:

	A
1	=SQRT(0.000000000000324645*B1+1002.4356*B1^3)
2	
3	

Todos nós conhecemos a frustração de entrar a mesma informação num rol de bases de dados ou outros aplicativos desengonçados que se supõe poupem trabalho. Suas ferramentas de gestão de cálculo deveriam apresentar uma disposição mais fácil de usar, permitir cópias impressas com as quais fosse fácil trabalhar e que servissem de interface adequada com o respectivo software.

Princípio 3: Estabeleça regras e procedimentos para a gestão de cálculo

As estratégias que funcionam, na gestão de cálculo, são uma evolução lógica e natural de práticas atuais. Esses sistemas deveriam melhorar o controle da empresa sobre o valioso capital intelectual e tornar mais fácil o trabalho dos engenheiros, por meio do seguinte:

- *Promover a reutilização* e criar bibliotecas de padrões e métodos dentro da empresa.
- *Centralizar os parâmetros-chave*. Certas variáveis, tais como a propriedade de materiais, acabam se inserindo na maioria dos cálculos. Manter esses parâmetros gerencialmente centralizados garante que todos os cálculos empreguem valores mais confiáveis. Além do mais, o impacto de mudar esses números pode ser avaliado e minimizado.
- *Disponibilizar cálculos e padrões on-line*. A Internet é a prateleira à altura dos olhos do consumidor de informação, e o acesso remoto é essencial para muitas empresas de engenharia cujos funcionários freqüentemente se encontram no campo.

OS BENEFÍCIOS DE GERIR O PROCESSO DE CÁLCULO COM O MATHCAD

Vários clientes da Mathsoft já têm lucrado a partir de processos de construção em torno de cálculos. Um benefício intrínseco do Mathcad é que os engenheiros gostam de utilizá-lo, já que eles tendem a ver a maioria das tecnologias da “gestão de conhecimento” como despesa de overhead. Os exemplos que a seguir demonstram como várias empresas de engenharia foram bem sucedidas com esforços de gestão de cálculo independente via Mathcad.

■ ■ ■

Um benefício intrínseco do Mathcad é que os engenheiros gostam de utilizá-lo, já que eles tendem a ver a maioria das tecnologias da “gestão de conhecimento” como despesa de overhead.

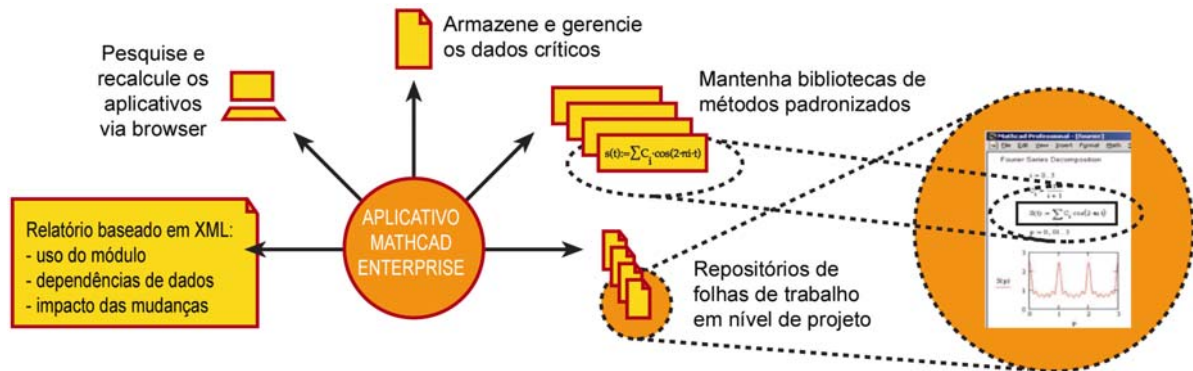
- *Depósito centralizado de cálculos* – Um empreiteiro aeroespacial identificou mais de 2.000 cálculos críticos de projeto como necessários para produzir tanques de combustível de grandes aeronaves. Esses cálculos hoje se encontram armazenados num servidor central e são utilizados rotineiramente. O requisito para os engenheiros lerem, compreenderem e customizarem esses aplicativos, e depois disseminarem análises completas, fez do Mathcad a única escolha para o aplicativo.
- *Integridade melhorada, de cálculo, e validação/análise mais fáceis* – Uma grande empresa multinacional de engenharia pretendia padronizar seus métodos de cálculo de parâmetros de juntas de vigas aparafusadas e outros elementos estruturais para grandes projetos de construção. Devido ao fato de os cálculos serem realizados diariamente por centenas de engenheiros iniciantes, exigindo validação e análise posteriores, a empresa optou por um depósito central sob a forma de folhas de trabalho do Mathcad. A empresa, então, construiu um serviço de rede com formulários Visual Basic sob medida, que também permite, aos engenheiros, utilizarem as folhas de trabalho de um local remoto. Cada vez que a folha de trabalho é utilizada, os cálculos e as verificações de validade dos parâmetros são realimentados no navegador (browser) do engenheiro, e a folha permanece como “dica para a auditoria”, para cálculos em formato geralmente bem legível do Mathcad.
- *Templates impõem padrões de projeto* – Um grande fabricante OEM automotivo desenvolveu templates baseados no Mathcad contendo grande número de funções e conjuntos de dados úteis nas suas atividades de engenharia de projeto. Esses templates garantem que toda a equipe de engenharia use as mesmas funções e conjuntos de dados, bem como as informações corretas ao fazer seus cálculos. Nesse local, partes de folhas de trabalho Mathcad são muitas vezes encontradas em apresentações PowerPoint, memos, e-mails e outras formas de comunicação.
- *Produtos mais precisos, mais legíveis* – Uma grande companhia aeroespacial costumava entregar análises de engenharia aos seus clientes do Governo na forma de planilhas de Excel. Os engenheiros do Governo passavam um tempo substancial checando cada uma, e invariavelmente topavam com pelo menos um erro em cada planilha. Esse grupo fez a transição para usar Mathcad exclusivamente, baixando consideravelmente o tempo de validação, pelo Governo, e reduzindo o índice de erros para quase zero.

MATHCAD ENTERPRISE: PROJETADO ESPECIALMENTE PARA A GESTÃO DE CÁLCULO™

Para a grande maioria dos cálculos que os engenheiros fazem, o produto carro-chefe, Mathcad, da Mathsoft, é o aplicativo certo para ser utilizado, tanto para produtividade pessoal como para a gestão em nível de empresa, de um patrimônio valioso.

Milhões de engenheiros já utilizam o Mathcad em mais de 90% das empresas listadas na *Fortune 1000*. A gestão de cálculo com a Mathsoft começa com a padronização no Mathcad, com sua imbatível potência nos cálculos e o formato de fácil interação no nível individual. Daí em diante, o Mathcad Enterprise fornece armazenamento e gestão centralizados de cálculos, escalabilidade, interfaces com sistemas como o Microsoft Office e o SharePoint, bem como treinamento nas melhores práticas da implantação da Gestão de Cálculo em nível de grupo, departamento ou empresa.

A figura abaixo mostra os blocos de construção do Mathcad Enterprise.



Os seguintes atributos podem se basear em repositórios SharePoint com suporte direto do Mathcad Enterprise ou integrados com outras gestões de documentos, sistemas PDM ou PLM:

- Bibliotecas de métodos reutilizáveis. A legibilidade do Mathcad garante que os cálculos sejam acessíveis a qualquer engenheiro. Com proteção de cadeados e senhas, toda uma seção de análise pode ser “certificada contra erros” ou designada como acesso restrito, por exemplo.
- Acesso centralizado a parâmetros-chave. Certifique-se de que seus engenheiros estejam todos utilizando os mesmos valores para variáveis críticas que apareçam frequentemente em seu trabalho de cálculo.

- Implantação de projetos e aplicativos na Internet. As folhas de trabalho Mathcad já podem ser implantadas globalmente em outros usuários do Mathcad, bem como via Adobe PDF ou HTML, para qualquer pessoa que possua um PC e browser de Internet. Com o Servidor de Aplicativo Mathcad (disponível no terceiro trimestre de 2003), as folhas de trabalho Mathcad podem ser visualizadas e recalculadas a partir de qualquer webbrowser, fazendo com que se tornem valiosos aplicativos de Internet sem qualquer programação.
- Livros Eletrônicos. O Mathcad permite autoria de “e-books”, indexados e hiperlinkados, que algumas empresas consideram útil para compilar cálculos, métodos e dados comuns.

CONCLUSÃO

A Mathsoft tem uma visão ampla de seu suporte a engenheiros, começando com tarefas de cálculos e prosseguindo por meio da gestão de cálculo em nível de grupo, departamento ou empresa.

A gestão de cálculo é um território aberto para a automação dos processos de negócios na engenharia. A Mathsoft criou um veículo para expressar, realizar e gerir os cálculos de engenharia que descortina uma linha de aplicativos de alto valor, para sua empresa.

MAIS SOBRE O MATHCAD

O Mathcad baseia-se numa “interface de documento vivo”, patenteado, no qual os usuários podem incluir suas suposições (ou comentários, ou linhas de raciocínio), e digitar suas fórmulas em notação matemática em estilo de caderno, diretamente nas folhas de trabalho excepcionalmente flexíveis do Mathcad. O Mathcad, então, automaticamente calcula e exibe os resultados diretamente no documento. Aprendemos, com o decorrer dos anos, que a maneira de como o Mathcad estimula os engenheiros a documentarem seus cálculos criou tremendo valor para os clientes e tem produzido vendas de mais de 2,5 milhões de licenças para produtos Mathcad desde 1986. Agora, em 2003, os usuários podem carregar quaisquer legados de arquivos Mathcad na versão 11 do Mathcad.

ⁱ Accreditation Board for Engineering and Technology, Inc.

ⁱⁱ Com base em “Managing Personal Computers in the Large Organization” (“Gerindo Computadores Pessoais na Grande Organização”), Nolan, Norton & Co., 1987

ⁱⁱⁱ Rick Whiting, “Building Organizational Capital” (Construindo Capital Organizacional”), InformationWeek, 19 de abril de 2002

Mathsoft Engineering & Education, Inc.

MATRIZ

101 Main Sreet,
Cambridge, MA
02142-1521
Estados Unidos
Tel. 617-444 8000
Fax 617-444-8001
Sales-info@mathsoft.com

www.mathsoft.com

ESCRITÓRIO NO REINO UNIDO

Knightway House
Park Street
Bagshot, Surrey
GU19 5AQ
Reino Unido
Tel. +44(0) 1276 450850
Fax +44(0) 1276 475552
int-info@mathsoft.co.uk

ESCRITÓRIO NO JAPÃO

Level 11, Aoyama Palacio Tower
3-6-7 Kita-Aoyama, Minati-ku
Tóquio, Japão 107-0061
Tel. +81-3-5778-7684
Fax +81-3-5778-7676
asia-info@mathsoft.com

© 2003 Mathsoft Engineering & Education, Inc. Todos os direitos reservados.