

Inteligência de negócios

Com o uso do Excel

Cicero Aparecido Bezerra



Curitiba, 2018

SUMÁRIO

1	SOBRE O AUTOR	3
2	APRESENTAÇÃO	4
3	PROBLEMAS DE OTIMIZAÇÃO.....	5
	3.1 Otimização de recursos.....	6
	3.1.1 Problemas de produção	6
	3.1.2 Problemas de investimentos financeiros.....	11
	3.1.3 Problemas de logística.....	14
	3.1.4 Números inteiros	17
	3.1.5 Variáveis binárias.....	21
4	PROBLEMAS DE PREVISÃO DE DEMANDA.....	25
	4.1.1 Séries com tendência definida	25
	4.1.2 Séries com tendência e sazonalidade definidas	33
5	REGRESSÃO.....	40
6	ANÁLISE HIPOTÉTICA DE DADOS	47
	6.1 Análise de cenários.....	47
	6.2 Atingir meta	51
7	ORGANIZAÇÃO DE DADOS	53
	7.1 Filtrar	53
	7.2 Subtotais	56
	7.3 Relatório de tabela e gráfico dinâmicos	59
	7.4 Validação.....	65
	REFERÊNCIAS	70

1 SOBRE O AUTOR

Possui graduação em Informática pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos (1992), mestrado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina (2001), doutorado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina (2007) e estágio pós-doutoral em Gestão Estratégica da Informação e do Conhecimento pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná (2012). Atualmente é professor Associado nível II da Universidade Federal do Paraná. Tem experiência em profissional em desenvolvimento, implantação e gestão de Sistemas de Informação e, Processos de Produção. Enquanto docente, leciona disciplinas alinhadas ao desenvolvimento de Sistemas de Informação e Análise de Dados. Como pesquisador, tem voltado sua atenção aos Métodos e Técnicas de Análise de Dados, aplicados à Gestão do Conhecimento e Inovação.

2 APRESENTAÇÃO

O material ao qual vocês estão tendo acesso apresenta, passo a passo, resoluções para alguns problemas associados à gestão. No dialeto das empresas que comercializam Sistemas de Informação, tratam-se de situações que envolvem Inteligência de Negócios que, nada mais é, do que a aplicação de métodos capazes de extrair informações valiosas aos processos empresariais. O uso dos métodos apresentados ganho dinamismo ao possibilitarem suas implementação através de planilhas eletrônicas – nos exemplos mostrados, Microsoft Excel ® 2003.

A primeira parte da apostila traz exemplos e aplicações de problemas de otimização, que tratam de combinar o menor número possível de recursos para a obtenção ótima de resultados. Em seguida veremos problemas que envolvem a previsão de situações empresariais baseadas em dados históricos. A terceira parte mostra aplicações do Excel por auxiliam o análise de cenários e, a quarta parte, funções e complementos que, ao organizarem dados, possibilitam insights que contribuem para decisões organizacionais mais seguras.

Espero que este material possa ser útil na aplicação de problemas associados à Inteligência de Negócios.

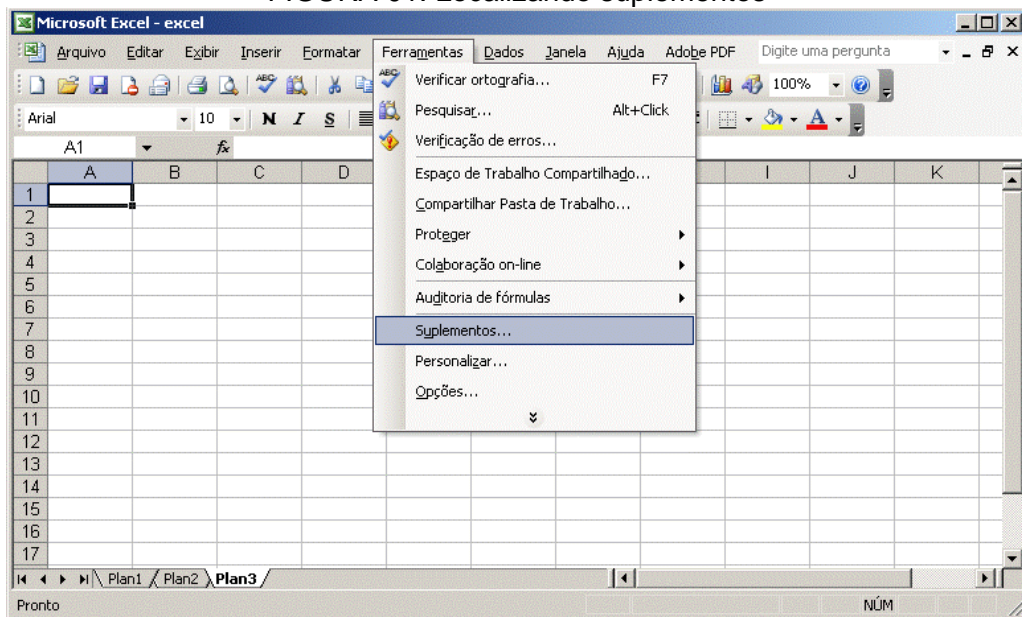
Bons estudos...

3 PROBLEMAS DE OTIMIZAÇÃO

O suplemento Solver do Excel é um software de otimização de respostas a modelos numéricos que envolvem restrições. Portanto, sua utilização em processos de tomada de decisão só é possível se conseguirmos representar um problema decisório em equações matemáticas.

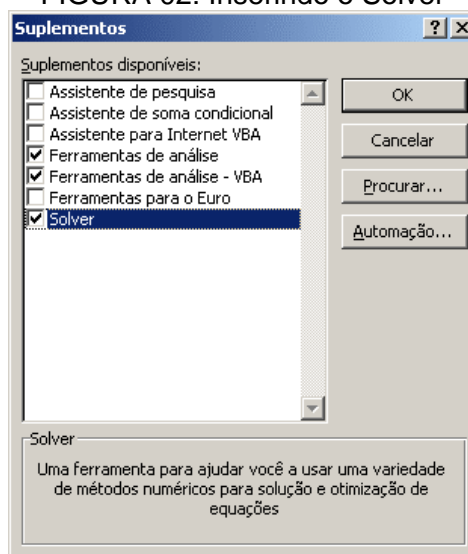
Para tornar disponível este suplemento, basta clicar no menu <Ferramentas> e na opção <Suplementos...>, conforme mostrado na Figura 01:

FIGURA 01: Localizando suplementos



Ao aparecer a janela mostrada na Figura 02, a seguir, você deve marcar as opções <Ferramentas de análise>, <Ferramentas de análise VBA> e <Solver>:

FIGURA 02: Inserindo o Solver



O Excel irá carregar os suplementos desejados. Vale a observação de que pode ser necessário inserir o CD de instalação do Office 2003 para completar a instalação dos suplementos desejados.

3.1 Otimização de recursos

São problemas que envolvem a combinação ótima de recursos para atingir um objetivo desejado. Existem aplicações clássicas em problemas de produção, investimentos financeiros e, logística (em especial, escoamento de mercadorias).

3.1.1 Problemas de produção

Uma aplicação clássica do Solver é sua utilização em questões que envolvem a combinação de recursos para atingir determinado objetivo. O exemplo a seguir mostra um caso em que se deseja obter o maior lucro possível, em um processo de produção, a partir da combinação de 2 recursos sujeitos a algumas restrições:

Uma fábrica produz dois tipos de produto: Standard e Luxo. Cada modelo Standard requer 4 horas de corte e 2 horas de polimento; cada modelo Luxo requer 2 horas de corte e 5 horas de polimento. A fábrica possui 2 cortadoras e 3 polidoras. Sabendo-se que a semana de trabalho da fábrica é de 40 horas e que cada modelo Standard dá um lucro de R\$ 3,00 e cada modelo Luxo R\$ 4,00 e que não há restrições de demanda, pede-se qual deve ser a produção da fábrica que maximiza o lucro.

Função objetivo

Maximizar Lucro = $3Std + 4Lx$

Sujeito às restrições:

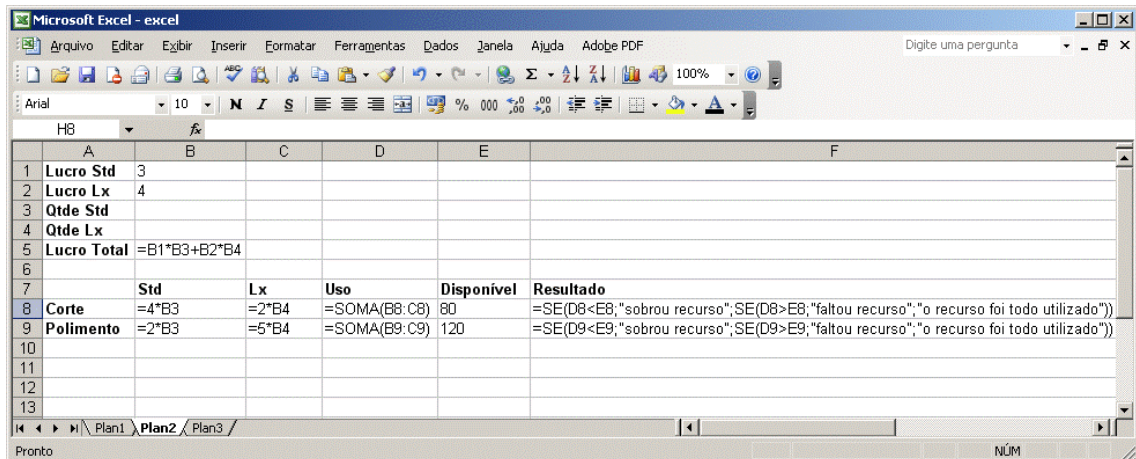
Corte $4Std + 2Lx \leq 80$ (40 horas da fábrica X 2 cortadoras)

Polimento $2Std + 5Lx \leq 120$ (40 horas da fábrica X 3 polidoras)

Fonte: adaptado de Prado (1999, p. 35)

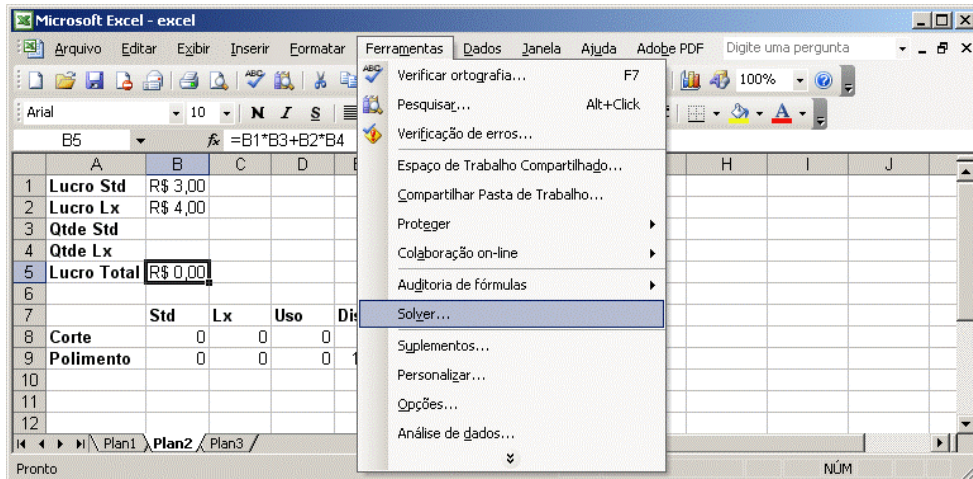
As equações (e inequações) apresentadas pelo problema devem ser lançadas no Excel, conforme a Figura 03, a seguir. Para as células F8 e F9 foram inseridas fórmulas que irão mostrar se, na combinação de produtos “Standard” e “Luxo” (células B3 e B4) houve sobra (quando Disponível for maior que Uso) ou falta (quando Disponível for menor que Uso) de recursos:

FIGURA 03: Fórmulas



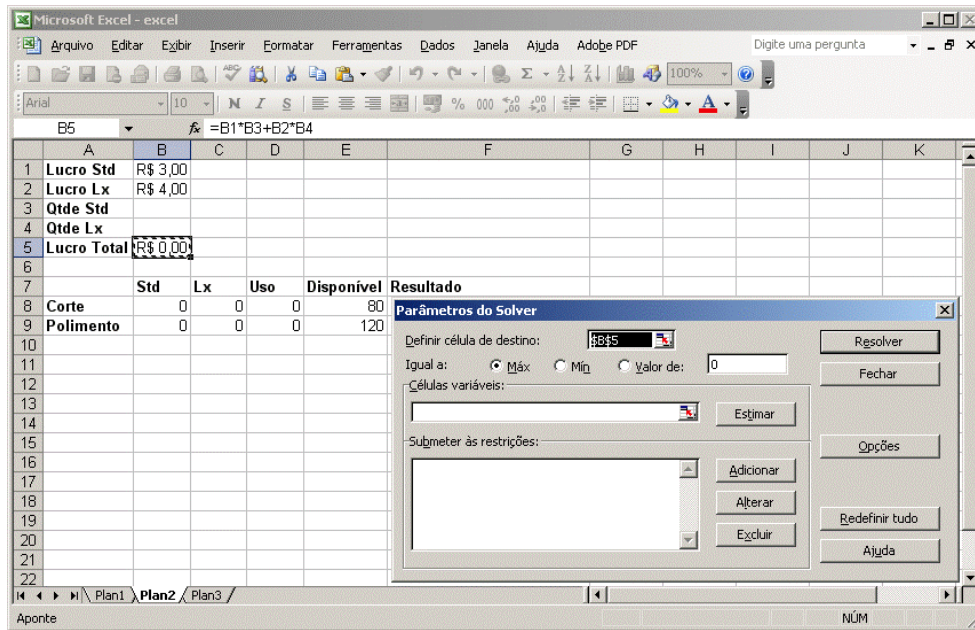
Uma vez lançadas as fórmulas que irão resolver o problema, devemos acionar o suplemento Solver, conforme mostrado na Figura 04:

FIGURA 04: Acessando o Solver



O primeiro passo no uso do Solver é definir a <Célula de destino> que nada mais é do que o valor que desejamos obter com a melhor combinação dos recursos (no caso, produtos “Standard” e “Luxe”). Este célula, no Excel, é aquela que contém a fórmula do lucro (B5):

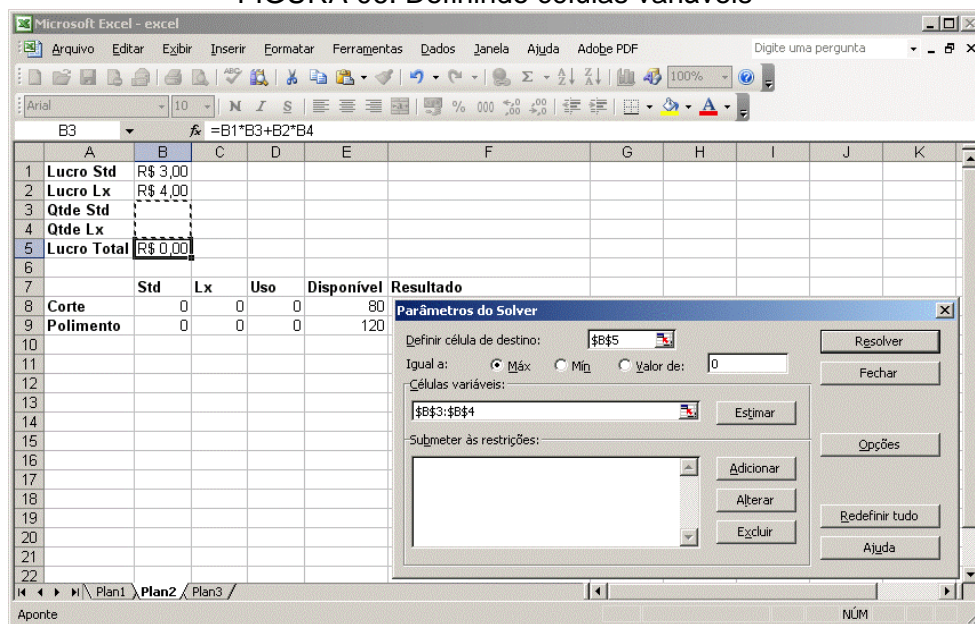
FIGURA 05: Definindo célula de destino



O próximo passo é a indicação de como o Solver deve resolver o problema: maximizando o resultado (ou seja, obtendo o maior lucro possível), minimizando ou igualando o resultado a um determinado valor. No problema apresentado, o Solver deve maximizar o valor da célula de destino. Portanto devemos clicar na opção <Máx> (já mostrado na Figura 05).

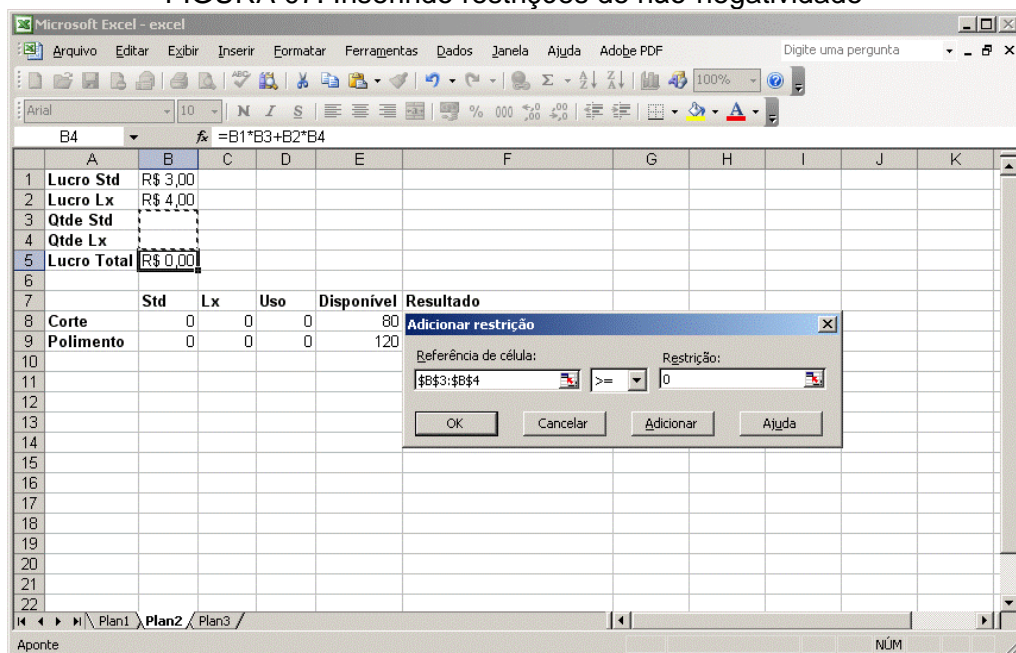
A seguir, devemos informar ao Solver quais células deverão ser combinadas para que possamos obter o lucro máximo. Estas células são aquelas que irão mostrar a quantidade de itens “Standard” e “Luxo” que deverão ser produzidas, ou seja B3 e B4:

FIGURA 06: Definindo células variáveis



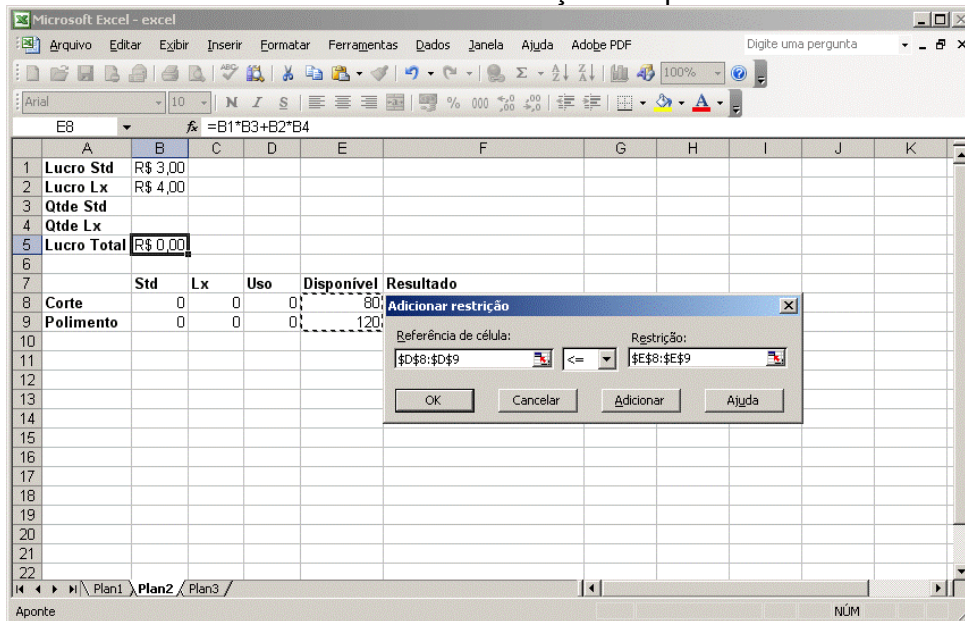
O próximo passo é a definição das restrições a que os produtos “Standard” e “Luxo” estão submetidos. Na verdade, o Solver não identifica que os números envolvem produtos e, portanto, corre-se o risco de, matematicamente, existir uma solução negativa (menor do que zero). Assim sendo, devemos informar que a quantidade ideal encontrada pelo Solver para produtos “Standard” e “Luxo” (células B3 e B4) não podem ser menores que 0 (zero). Para incluir as restrições devemos clicar no botão <Adicionar>, da caixa <Submeter às restrições>, e preencher conforme a Figura 07, a seguir:

FIGURA 07: Inserindo restrições de não-negatividade



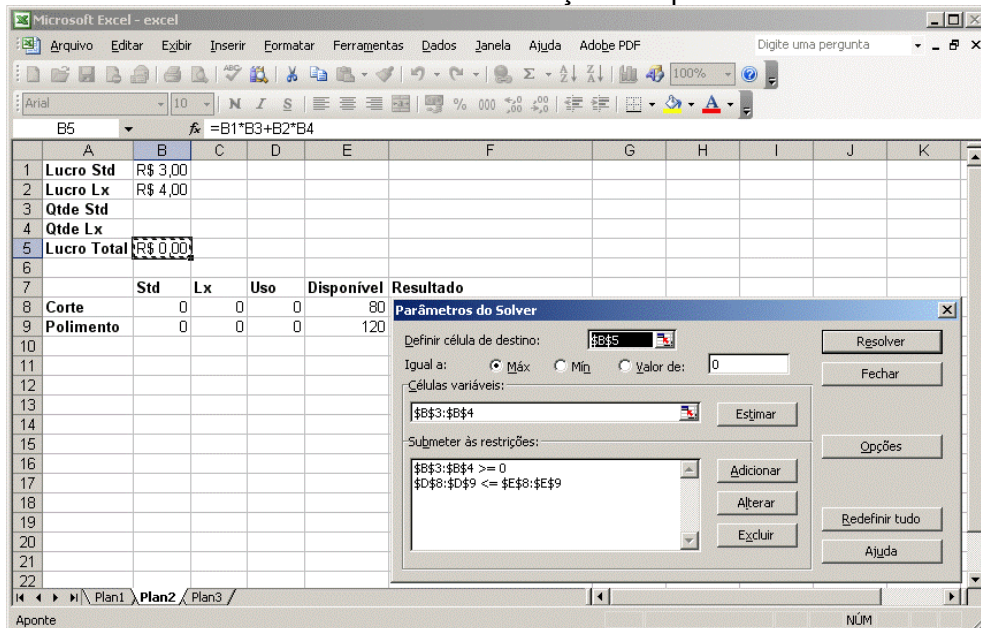
Outra restrição a que este problema se refere está relacionada às limitações dos recursos “Corte” e “Polimento”, cuja quantidade utilizada para a fabricação dos produtos (células D8 e D9) não podem ser menores que o total disponível (células E8 e E9). Para incluir mais esta restrição devemos clicar no botão <Adicionar> e preencher os dados relacionados às restrições:

FIGURA 08: Inserindo restrições do problema



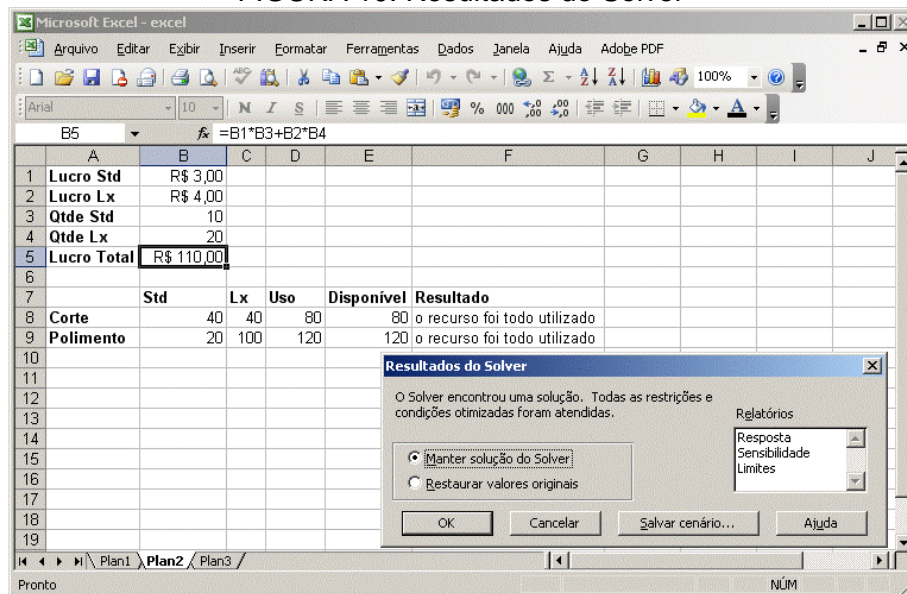
Não existindo mais nenhuma restrição a ser informada, basta clicar no botão <Ok> e, em seguida, no botão <Resolver>, conforme Figura 09:

FIGURA 09: Inserindo restrições do problema



O Solver irá apresentar o resultado conforme parametrizado bastando, portanto, clicar no botão <Ok>:

FIGURA 10: Resultados do Solver



Assim sendo, para o problema apresentado, a solução que permite atingir o maior lucro (R\$ 110,00, célula B5) é a de produzir 10 unidades do produto “Standard” (célula B3) e 20 unidades do produto “Luxo” (célula B4).

3.1.2 Problemas de investimentos financeiros

Outro tipo bastante comum de aplicação do suplemento Solver é em problemas que envolvem recursos financeiros. Na verdade, a maneira como ele é utilizado, neste caso, não se diferencia dos demais tipos de problemas de otimização de recursos. Trata-se, simplesmente, de uma categorização de problemas.

Para exemplificar, vamos adotar o problema descrito a seguir:

Um fundo de investimentos tem até R\$ 300.000,00 para aplicar em duas ações. A empresa D é diversificada (tem 40% de seu capital aplicado em cerveja e o restante aplicado em refrigerantes) e espera-se que forneça bonificações de 12%. A empresa N não é diversificada (produz apenas cerveja) e espera-se que distribua bonificações de 20%. Para este investimento, considerando a legislação governamental aplicável, o fundo está sujeito às seguintes restrições:

- a) O investimento na empresa diversificada pode atingir R\$ 270.000,00.
- b) O investimento na empresa não diversificada pode atingir R\$ 150.000,00.
- c) O investimento em cada produto (cerveja ou refrigerante) pode atingir R\$ 180.000,00

Qual é o esquema de investimento que maximiza o lucro?

Função objetivo

Maximizar Lucro = $0,12D + 0,2N$

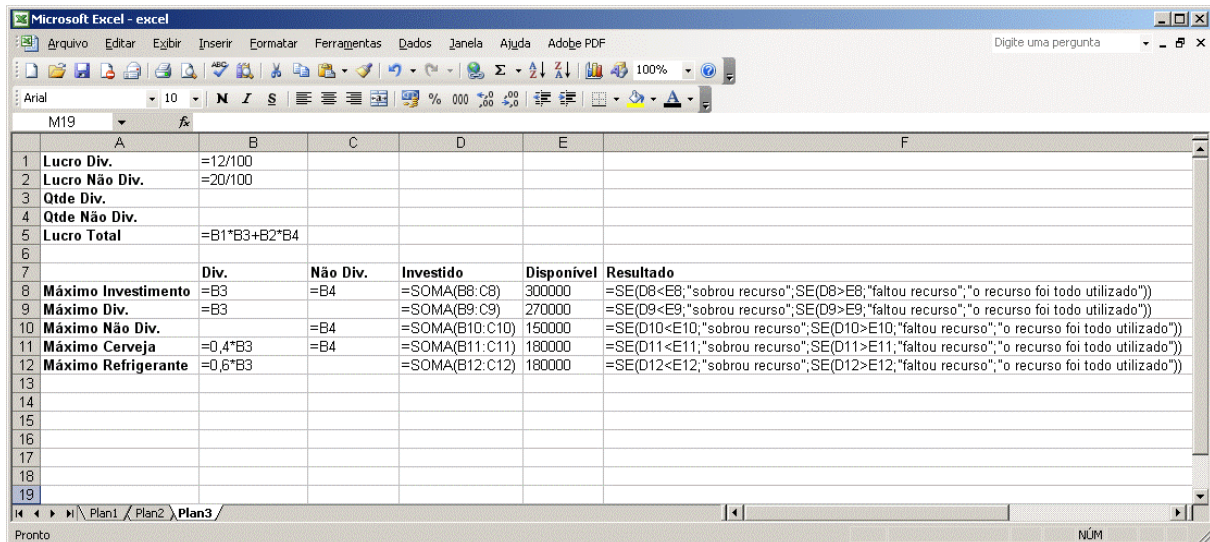
Sujeito às restrições:

Total investimento	$D + N \leq 300.000$
Máximo diversificada	$D \leq 270.000$
Máximo não diversificada	$N \leq 150.000$
Máximo cerveja	$0,4D + N \leq 180.000$
Máximo refrigerante	$0,6D \leq 180.000$

Fonte: adaptado de Prado (1999, p. 36).

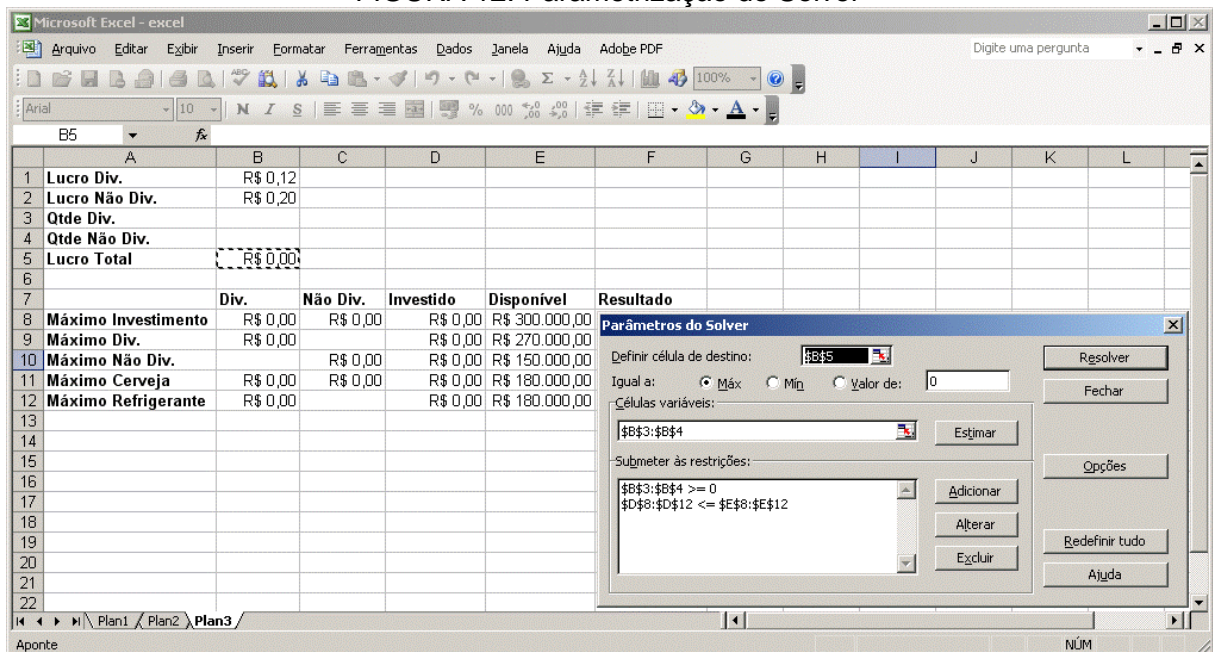
O primeiro passo é montar o problema no Excel:

FIGURA 11: Fórmulas



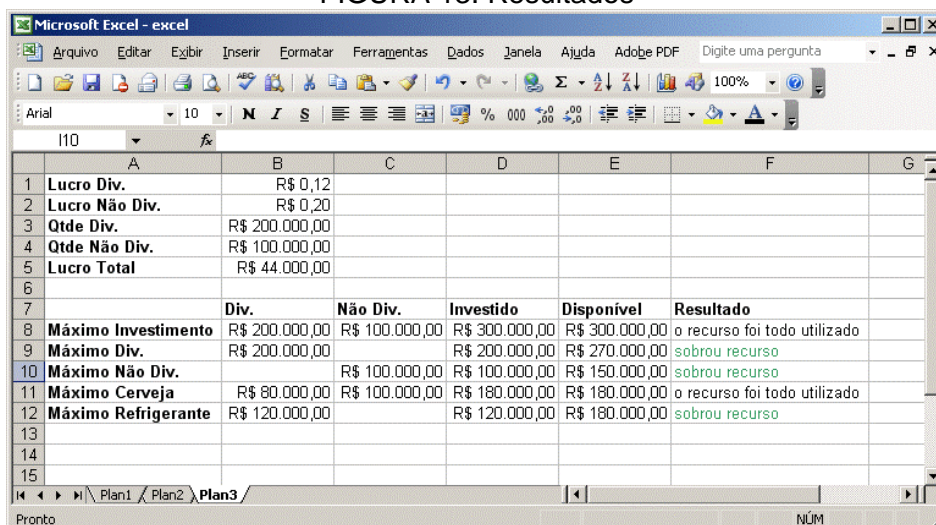
O próximo passo é parametrizar o Solver de acordo com o problema modelado do Excel:

FIGURA 12: Parametrização do Solver



O resultado pode ser visto na Figura 13:

FIGURA 13: Resultados



Neste exemplo, portanto, devemos investir R\$ 200.000,00 na empresa “Diversificada”, R\$ 100.000,00 na “Não Diversificada” (células B3:B4 e D9:D10), totalizando os R\$ 300.000,00 permitidos (célula D8). Com esta estratégia de investimentos, R\$ 180.000,00 serão alocados nas empresas que fabricam cerveja (célula D11) e R\$ 120.000,00 na empresa que fabrica refrigerante (célula D12) – o que irá gerar um lucro máximo de R\$ 44.000,00 (célula B5).

3.1.3 Problemas de logística

Uma categoria de problemas que pode ser resolvida com o uso do Solver é aquela relacionada à logística de transporte, mais especificamente, problemas de fluxo de redes ou cadeias. Um exemplo clássico é mostrado a seguir:

Borange é um produtor e distribuidor de produtos cítricos que dispõe de 3 fazendas produtoras de laranja no estado de São Paulo: em Limeira, Piracicaba e Americana. Nesses locais estão disponíveis 275.000, 400.000 e 300.000 caixas de laranja respectivamente.

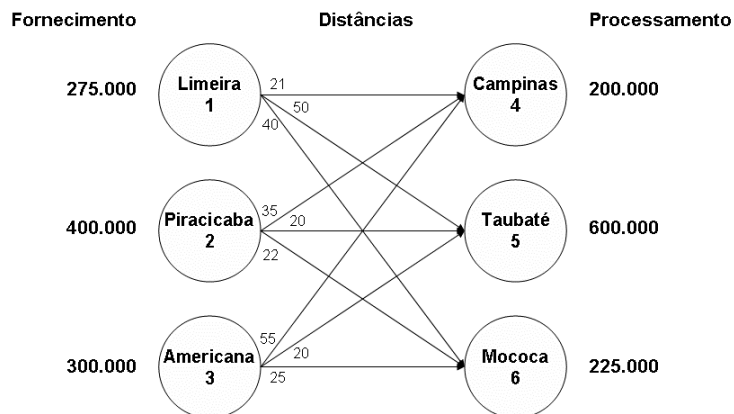
As plantas de processamento das laranjas estão localizadas em Campinas, Taubaté e Mococa. A capacidade de processamento de cada planta é, respectivamente, de 200.000, 600.000 e 225.000 caixas.

Borange contrata uma transportadora local que leva as caixas de laranja das fazendas para as unidades de processamento. Esta transportadora cobra um frete que é calculado pela relação de caixa transportada por quilômetro rodado.

A tabela seguinte resume a distância entre as fazendas e as unidades de processamento:

Custo de transporte entre Fazendas e Unidades de Processamento			
Fazendas	Unidades de processamento		
	Campinas	Taubaté	Mococa
Limeira	21	50	40
Piracicaba	35	30	22
Americana	55	20	25

Borange deseja determinar quantas caixas deve transportar de cada fazenda para cada unidade de processamento, com o objetivo de minimizar o custo de transporte.



Função objetivo

$$\text{Minimizar Custo} = 21x_{14} + 50x_{15} + 40x_{16} + 35x_{24} + 30x_{25} + 22x_{26} + 55x_{34} + 20x_{35} + 25x_{36}$$

Sujeito às restrições:

Capacidade de produção Campinas	$x_{14} + x_{24} + x_{34} \leq 200.000$
Capacidade de produção Taubaté	$x_{15} + x_{25} + x_{35} \leq 600.000$
Capacidade de produção Mococa	$x_{16} + x_{26} + x_{36} \leq 225.000$
Disponibilidade de entrega Limeira	$x_{14} + x_{15} + x_{16} = 275.000$
Disponibilidade de entrega Piracicaba	$x_{24} + x_{25} + x_{26} = 400.000$
Disponibilidade de entrega Americana	$x_{34} + x_{35} + x_{36} = 300.000$

Fonte: adaptado de Borghi e Shitsuka (2005, p. 164)

O problema pode ser modelado no Excel da seguinte maneira:

FIGURA 14: Fórmulas

Distância das fazendas para as unidades de processamento					
	Campinas	Taubaté	Mococa		
Limeira	21	50	40		
Piracicaba	35	30	22		
Americana	55	20	25		
Caixas embarcadas das fazendas para as unidades de processamento				Embarcadas	Disponíveis
	Campinas	Taubaté	Mococa		
Limeira				=SOMA(B9:D9)	275000
Piracicaba				=SOMA(B10:D10)	400000
Americana				=SOMA(B11:D11)	300000
Recebido	=SOMA(B9:B11)	=SOMA(C9:C11)	=SOMA(D9:D11)		
Capacidade	200000	600000	225000		
Custo total	=SOMARPRODUTO(B3:D5;B9:D11)				

O próximo passo é parametrizar o Solver de acordo com o problema modelado do Excel:

FIGURA 15: Parametrização do Solver

Microsoft Excel - apostilaExemplos

Definir célula de destino: Resolver

Igual a: Máx Min Valor de: Fechar

Células variáveis: Estimar

Submeter às restrições:

- Adicionar
- Alterar
- Excluir

Opções

Redefinir tudo

Ajuda

O resultado pode ser visto na Figura 16:

FIGURA 16: Resultados

Distância das fazendas para as unidades de processamento			
	Campinas	Taubaté	Mococa
Limeira	21	50	40
Piracicaba	35	30	22
Americana	55	20	25

Caixas embarcadas das fazendas para as unidades de processamento					
	Campinas	Taubaté	Mococa	Embarcadas	Disponíveis
Limeira	200.000	0	75.000	275.000	275.000
Piracicaba	0	250.000	150.000	400.000	400.000
Americana	0	300.000	0	300.000	300.000
Recebido	200.000	550.000	225.000		
Capacidade	200.000	600.000	225.000		
Custo total	24.000.000,00				

Ou seja, devemos transportar 200.000 caixas de “Limeira” para “Campinas” (célula B9), 75.000 caixas de “Limeira” para “Mococa” (célula D9), 250.000 caixas de “Piracicaba” para “Taubaté” (célula C10), 150.000 de “Piracicaba” para “Mococa” (D10) e, 300.000 caixas de “Americana” para a fábrica localizada em “Taubaté” (célula C11) – o que irá gerar um custo de transporte de R\$ 24.000.000,00 (célula B15).

3.1.4 Números inteiros

Eventualmente é necessário que o Solver forneça apenas resultados inteiros. Um exemplo que ilustra esta situação é mostrado a seguir:

Expressa é uma empresa de entregas urgentes situada na Grande São Paulo. Ela garante que as entregas são feitas em até 24 horas (incluindo o serviço de motoboy, encomendas expressas, correio e outros), em qualquer dia da semana, em qualquer localidade do país. A empresa dispõe de diversos centros de operação localizados nos aeroportos das principais cidades. Também possui um local com ótima infra-estrutura de pedidos para posterior entrega nos aeroportos. Esse local fica próximo à marginal Tietê, na cidade de São Paulo, por uma questão de logística de entrega. As encomendas são recebidas pelos centros de operação ou pela unidade de entrega na marginal do Tietê e, posteriormente, são enviadas aos destinatários.

O Sr. José, diretor financeiro de um dos centros de operação, preocupado com os custos de mão-de-obra, está interessado em determinar a melhor forma de escalar os trabalhadores. Com base em estatística de anos anteriores, estima que o número de funcionários necessários para distribuir e entregar as encomendas nos aeroportos é:

Dia da semana	Nº de empregados
Domingo	18
Segunda-feira	27
Terça-feira	22
Quarta-feira	26
Quinta-feira	25
Sexta-feira	21
Sábado	19

Os funcionários da Expressa são sindicalizados, e o sindicato negociou que a semana de trabalho é constituída de cinco dias trabalhados e dois dias consecutivos de descanso.

A base de salário semanal é de R\$ 655,00. Como a maioria dos funcionários prefere não trabalhar aos sábados e domingos, foi negociado um adicional de R\$ 25,00 por dia para os funcionários que trabalhassem nesses dias.

As possibilidades de grupos e salários dos funcionários discutidos em reuniões entre o sindicato e a Expressa foram:

Grupo	Descanso	Salário
1	Domingo e segunda	R\$ 680,00
2	Segunda e terça	R\$ 705,00
3	Terça e quarta	R\$ 705,00
4	Quarta e quinta	R\$ 705,00
5	Quinta e sexta	R\$ 705,00
6	Sexta e sábado	R\$ 680,00
7	Sábado e domingo	R\$ 655,00

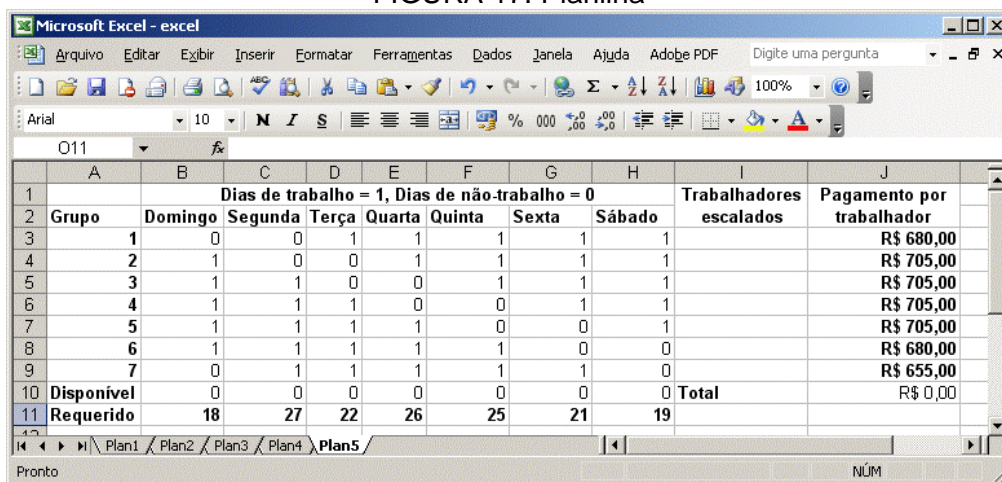
O Sr. José pretende reduzir a despesa com salários ao menor valor possível. Tendo isso em mente, quantos trabalhadores devem ser atribuídos a cada grupo, sabendo que o diretor deseja manter um número suficiente de trabalhadores por dia, a fim de atender às necessidades da empresa?

Função objetivo
Minimizar Despesas = $680x_1 + 705x_2 + 705x_3 + 705x_4 + 705x_5 + 680x_6 + 655x_7$
 Sujeito às restrições:
Trabalhadores Segunda $0x_1 + 0x_2 + 1x_3 + 1x_4 + 1x_5 + 1x_6 + 1x_7 \geq 27$
Trabalhadores Terça $1x_1 + 0x_2 + 0x_3 + 1x_4 + 1x_5 + 1x_6 + 1x_7 \geq 22$
Trabalhadores Quarta $1x_1 + 1x_2 + 0x_3 + 0x_4 + 1x_5 + 1x_6 + 1x_7 \geq 26$
Trabalhadores Quinta $1x_1 + 1x_2 + 1x_3 + 0x_4 + 0x_5 + 1x_6 + 1x_7 \geq 25$
Trabalhadores Sexta $1x_1 + 1x_2 + 1x_3 + 1x_4 + 0x_5 + 0x_6 + 1x_7 \geq 21$
Trabalhadores Sábado $1x_1 + 1x_2 + 1x_3 + 1x_4 + 1x_5 + 0x_6 + 0x_7 \geq 19$
Trabalhadores Domingo $0x_1 + 1x_2 + 1x_3 + 1x_4 + 1x_5 + 1x_6 + 0x_7 \geq 18$

Fonte: adaptado de Borghi e Shitsuka (2005, p. 173)

Vamos modelar o problema conforme a planilha abaixo:

FIGURA 17: Planilha



Vamos preencher a célula B10 com a seguinte fórmula (arrastando-a até a célula H10):

= SOMARPRODUTO(B3:B9;\$I\$3:\$I\$9)

Na célula J10 (função objetivo) vamos digitar a fórmula a seguir:

=SOMARPRODUTO(I3:I9;J3:J9)

Vamos interpretar a planilha:

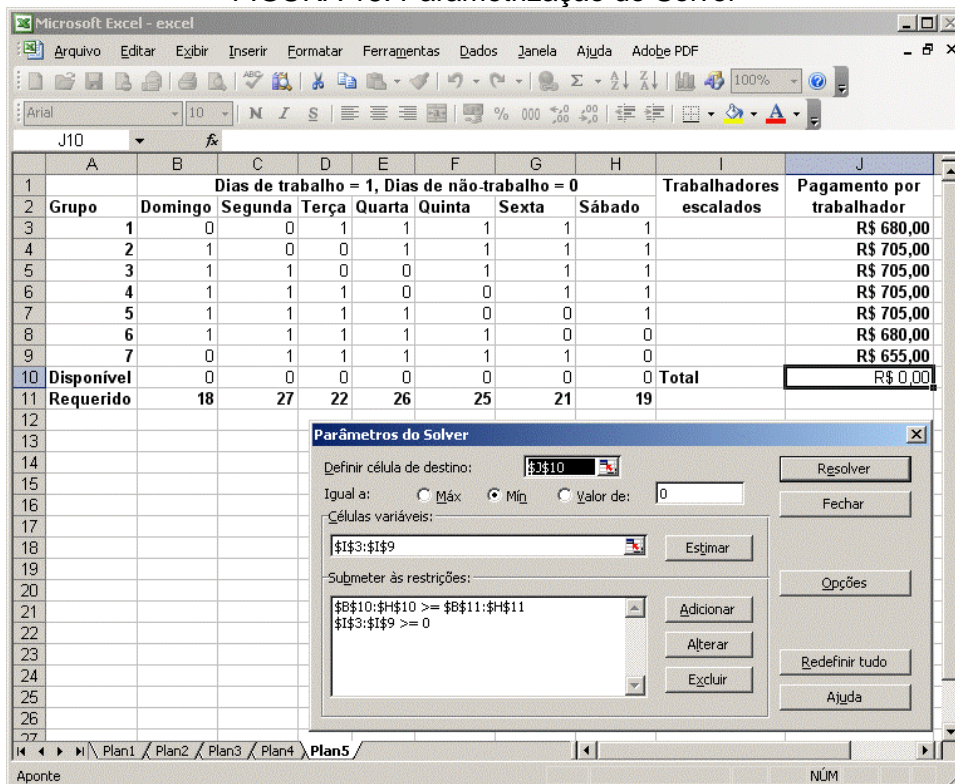
- As células B3:H9 mostram os dias de trabalho (1 – Trabalho, 0 – Descanso) para cada grupo de trabalhadores (células A3:A9).
- As células B11:H11 mostram o número mínimo de trabalhadores necessários para cada dia da semana (células B2:H2).
- As células J3:J9 mostram o salário de cada grupo de trabalhadores (células A3:A9).
- As células I3:I9 irão ser calculadas pelo Solver. O número apresentado significará a quantidade de trabalhadores que deverão estar escalados de

cada grupo (células A3:A9), bem como o total de trabalhadores alocados para cada dia da semana (células B10:H10).

- A célula J10 irá mostrar o total pago com salários, multiplicando o número de trabalhadores calculados pelo Solver (células I3:I9) pelo salário (células J3:J9) de cada grupo (células A3:A9).

Vamos parametrizar o Solver, sabendo que o número de trabalhadores alocados (células I3:I9) não pode ser menor do 0 (zero) e que a quantidade de trabalhadores alocados em cada dia da semana (células B10:H10) deve ser, pelo menos, igual ao requerido (células B11:H11):

FIGURA 18: Parametrização do Solver



Ao clicarmos no botão <Resolver>, teremos a resposta mostrada na Figura 19, a seguir:

FIGURA 19: Resultados

Dias de trabalho = 1, Dias de não-trabalho = 0										Trabalhadores escalados	Pagamento por trabalhador
Grupo	Domingo	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado				
1	0	0	1	1	1	1	1	1	3,166666667	R\$ 680,00	
2	1	0	0	1	1	1	1	1	2,166666667	R\$ 705,00	
3	1	1	0	0	1	1	1	1	6,333333333	R\$ 705,00	
4	1	1	1	0	0	1	1	1	0	R\$ 705,00	
5	1	1	1	1	0	0	1	1	7,333333333	R\$ 705,00	
6	1	1	1	1	1	1	0	0	2,166666667	R\$ 680,00	
7	0	1	1	1	1	1	1	0	11,166666667	R\$ 655,00	
Disponível	18	27	23,83	26	25	22,83333	19	Total		R\$ 22.103,33	
Requerido	18	27	22	26	25	21	19				

O resultado, apesar de matematicamente correto, não representa a realidade, uma vez que não é possível alocarmos 3,1666666667 trabalhadores. Ou seja, o Solver deverá trazer, como resultados, somente números inteiros. Isto é possível acrescentando a seguinte restrição:

FIGURA 20: Acrescentando restrição

Dias de trabalho = 1, Dias de não-trabalho = 0										Trabalhadores escalados	Pagamento por trabalhador
Grupo	Domingo	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado				
1	0	0	1	1	1	1	1	1	3,166666667	R\$ 680,00	
2	1	0	0	1	1	1	1	1	2,166666667	R\$ 705,00	
3	1	1	0	0	1	1	1	1	6,333333333	R\$ 705,00	
4	1	1	1	0	0	1	1	1	0	R\$ 705,00	
5	1	1	1	1	0	0	1	1	7,333333333	R\$ 705,00	
6	1	1	1	1	1	1	0	0	2,166666667	R\$ 680,00	
7	0	1	1	1	1	1	1	0	11,166666667	R\$ 655,00	
Disponível	18	27	23,83	26	25	22,83333	19	Total		R\$ 22.103,33	
Requerido	18	27	22	26	25	21	19				

Adicionar restrição

Referência de célula: Restrição:

OK Cancelar Adicionar Ajuda

Ao clicarmos no botão <Resolver> teremos a seguinte resposta – agora somente com resultados inteiros:

FIGURA 21: Resultados

		Dias de trabalho = 1, Dias de não-trabalho = 0							Trabalhadores escalados	Pagamento por trabalhador
Grupo	Domingo	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado			
1	0	0	1	1	1	1	1	4	R\$ 680,00	
2	1	0	0	1	1	1	1	2	R\$ 705,00	
3	1	1	0	0	1	1	1	6	R\$ 705,00	
4	1	1	1	0	0	1	1	1	R\$ 705,00	
5	1	1	1	1	0	0	1	6	R\$ 705,00	
6	1	1	1	1	1	1	0	3	R\$ 680,00	
7	0	1	1	1	1	1	0	11	R\$ 655,00	
Disponível	18	27	25	26	26	24	19	Total	R\$ 22.540,00	
Requerido	18	27	22	26	25	21	19			

Vale mencionar que o valor total pago (célula J10) é maior que a resposta anterior (sem a restrição de número inteiro). Ou seja, matematicamente a melhor solução é aquela em que fosse possível escalar uma quantidade que envolvesse números decimais de trabalhadores.

3.1.5 Variáveis binárias

Existem, ainda, situações onde os resultados apresentados pelo Solver devem ser apenas os números 0 (zero) ou 1 (um) indicando apenas a presença (ou a falta) de uma variável qualquer. Vejamos o exemplo a seguir:

O superintendente técnico de um instituto de pesquisas governamental é o responsável pelas áreas de pesquisa e desenvolvimento dessa organização. No corrente ano, ele recebeu 18 novas propostas de projetos de seus engenheiros e analistas. Cinco delas foram selecionadas como sendo de interesse à companhia por estarem de acordo com linhas pesquisa, missão e valores do instituto. Entretanto, a organização não possui caixa suficiente para executar os cinco projetos simultaneamente. O superintendente precisa indicar os projetos que deverão ser executados de forma a maximizar o VPL (Valor Presente Líquido). Os fluxos de caixa para cada um dos projetos selecionados estão na tabela a seguir:

Projeto	VPL (R\$ 000)	2005	2006	2007	2008	2009
1	141	75	25	20	15	10
2	187	90	35	0	0	30
3	121	60	15	15	15	15
4	83	30	20	10	5	5
5	265	100	25	20	20	20

A empresa dispõe de R\$ 250.000,00 para investir no primeiro ano, R\$ 75.000,00 para o segundo ano e R\$ 50.000,00 por ano para o 3º, 4º e 5º anos.

Função objetivo
Maximizar VPL = 141P1 + 187P2 + 121P3 + 83P4 + 265P5
 Sujeito às restrições:
R\$ disponível 2005 75P1 + 90P2 + 60P3 + 30P4 + 100P5 <= 250
R\$ disponível 2006 25P1 + 35P2 + 15P3 + 20P4 + 25P5 <= 75
R\$ disponível 2007 20P1 + 0P2 + 15P3 + 10P4 + 20P5 <= 50
R\$ disponível 2008 15P1 + 0P2 + 15P3 + 5P4 + 20P5 <= 50
R\$ disponível 2009 10P1 + 30P2 + 15P3 + 5P4 + 20P5 <= 50

Fonte: adaptado de Borghi e Shitsuka (2005, p. 182).

O problema, modelado no Excel, pode assumir a seguinte forma:

FIGURA 22: Planilha

Projeto	Selecionado*	VPL	2005	2006	2007	2008	2009
1		R\$ 141	R\$ 75	R\$ 25	R\$ 20	R\$ 15	R\$ 10
2		R\$ 187	R\$ 90	R\$ 35	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 30
3		R\$ 121	R\$ 60	R\$ 15	R\$ 15	R\$ 15	R\$ 15
4		R\$ 83	R\$ 30	R\$ 20	R\$ 10	R\$ 5	R\$ 5
5		R\$ 265	R\$ 100	R\$ 25	R\$ 20	R\$ 20	R\$ 20
Capital requerido			R\$ 0	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 0
Capital disponível			R\$ 250	R\$ 75	R\$ 50	R\$ 50	R\$ 50

As fórmulas serão as seguintes:

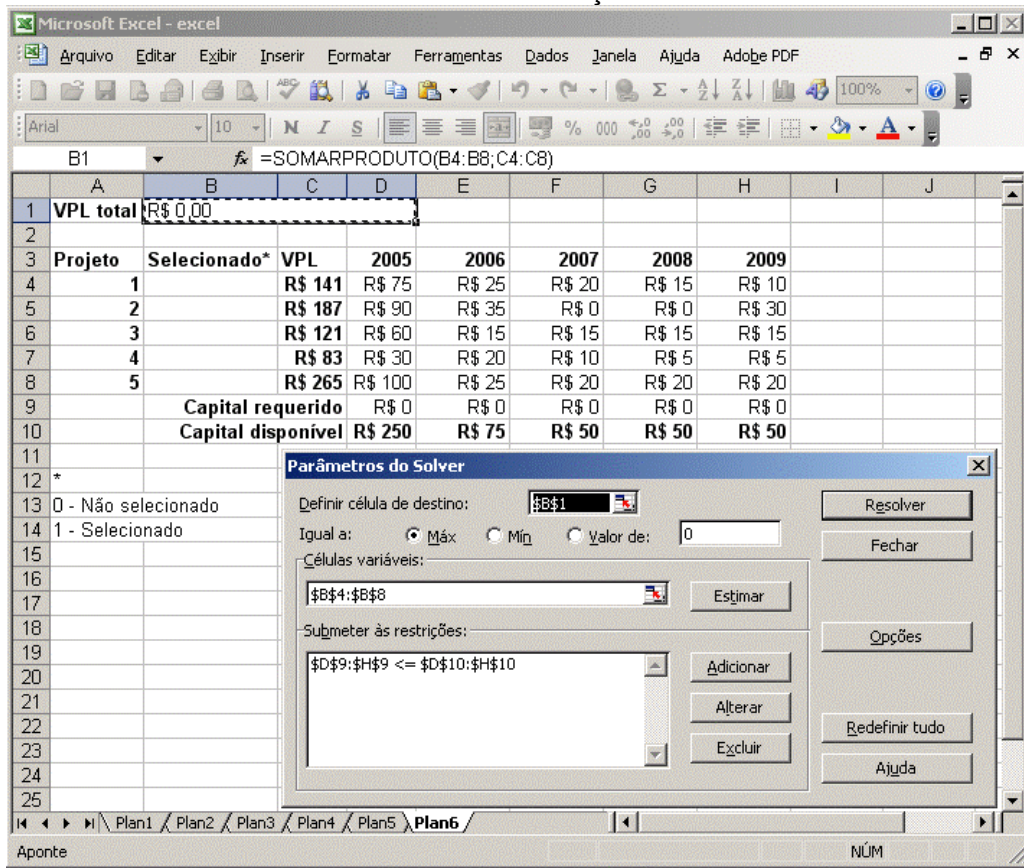
- Célula B1 (VPL total) =SOMARPRODUTO(B4:B8;C4:C8).
- Célula D9 (Capital requerido) = SOMARPRODUTO(\$B\$4:\$B\$8;D4:D8). Esta fórmula deve ser arrastada para as células E9:H9.

Vamos compreender a planilha:

- A célula B1 irá trazer o cálculo com Valor Presente Líquido total, multiplicando o VPL de cada projeto (células C4:C8) pelos projetos selecionados calculados pelo Solver (células B4:B8).
- A célula D9 irá trazer a soma dos valores gastos (células D4:D8) com cada projeto selecionado calculado pelo Solver (células B4:B8), para o ano de 2005 que, por sua vez, não pode ultrapassar o capital disponível para aquele ano (célula D10). A mesma lógica foi aplicada às células E9:H9.

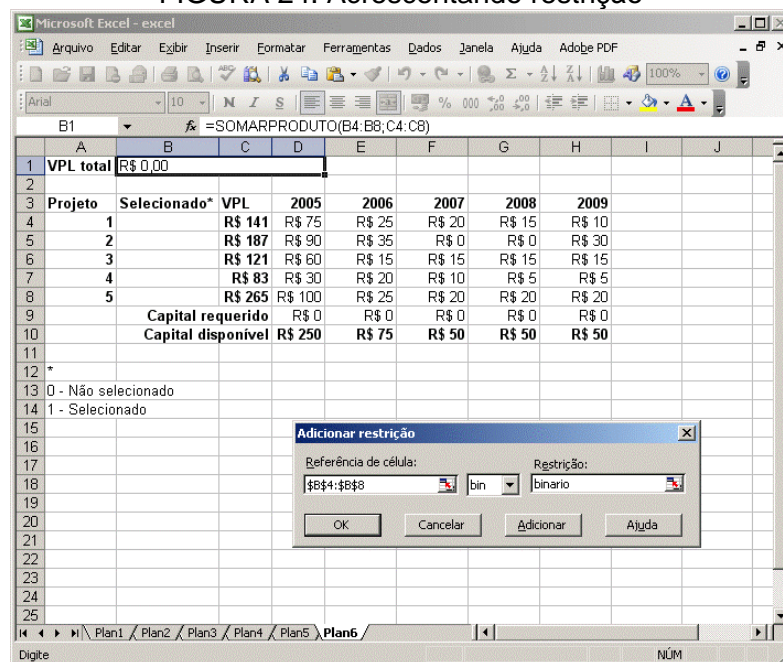
Levando estes aspectos em consideração é possível parametrizar o Solver da seguinte forma:

FIGURA 23: Parametrização do Solver



Porém, temos que atentar para o fato de que os valores selecionados (células B4:B8) só podem apresentar valores 0 ou 1 (indicando que o projeto “não foi selecionado” ou “foi selecionado”). Desta forma iremos acrescentar mais uma restrição, conforme visualizado a seguir:

FIGURA 24: Acrescentando restrição



Após inserir a restrição e clicar no botão <Resolver>, teremos a resposta ao problema, conforme apresentado na Figura 25:

FIGURA 25: Resultados

Projeto	Selecionado*	VPL	2005	2006	2007	2008	2009
1	1	R\$ 141	R\$ 75	R\$ 25	R\$ 20	R\$ 15	R\$ 10
2	0	R\$ 187	R\$ 90	R\$ 35	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 30
3	0	R\$ 121	R\$ 60	R\$ 15	R\$ 15	R\$ 15	R\$ 15
4	1	R\$ 83	R\$ 30	R\$ 20	R\$ 10	R\$ 5	R\$ 5
5	1	R\$ 265	R\$ 100	R\$ 25	R\$ 20	R\$ 20	R\$ 20
Capital requerido			R\$ 205	R\$ 70	R\$ 50	R\$ 40	R\$ 35
Capital disponível			R\$ 250	R\$ 75	R\$ 50	R\$ 50	R\$ 50

*
 13 0 - Não selecionado
 14 1 - Selecionado

Ou seja, respeitando as restrições impostas, o superintendente deve aprovar os projetos 1, 4 e 5 sendo que, com isto, obterá um Valor Presente Líquido de R\$ 489.000,00.

4 PROBLEMAS DE PREVISÃO DE DEMANDA

Outra aplicação do Solver é na determinação de parâmetros em modelos de previsão de demanda. Estes modelos procuram encontrar padrões em determinado conjunto de dados, expressos através do tempo (exemplo: vendas mensais, posição semanal de estoque, pagamentos diários, entre outros), a extrapolá-los n períodos adiante.

4.1.1 Séries com tendência definida

Existem dados que, distribuídos em uma série temporal, apresentam padrão bem definido de crescimento ou de queda ao longo do tempo. Vamos digitar os dados na planilha, conforme Figura 26 a seguir:

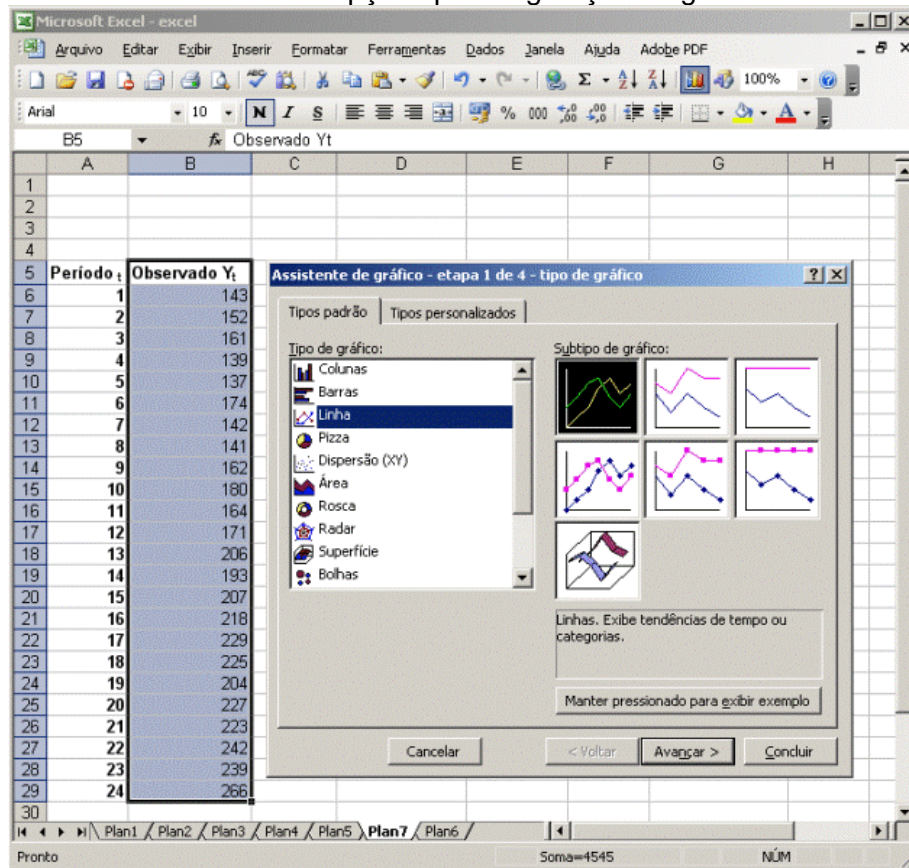
FIGURA 26: Dados com tendência

Período t	Observado Y_t
1	143
2	152
3	161
4	139
5	137
6	174
7	142
8	141
9	162
10	180
11	164
12	171
13	206
14	193
15	207
16	218
17	229
18	225
19	204
20	227
21	223
22	242
23	239
24	266

Fonte: adaptado de Makridakis, Wheelwright e Hyndman (1998, p. 154).

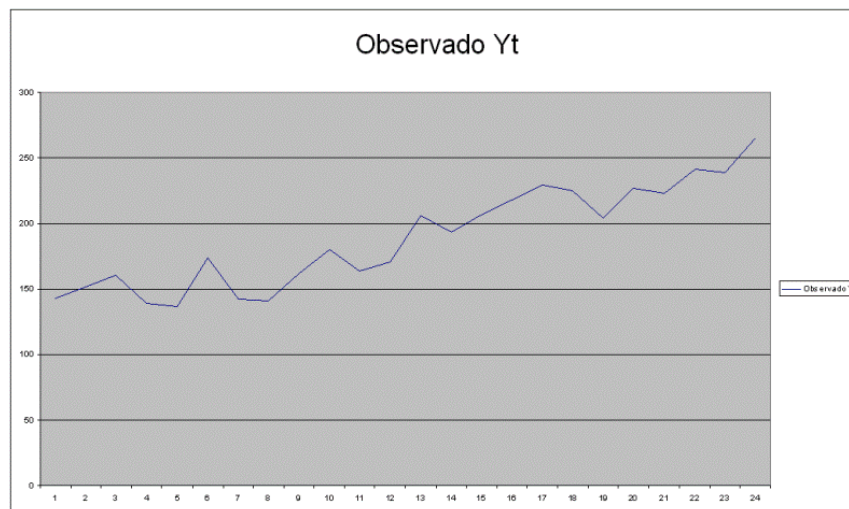
Vamos gerar um gráfico, selecionando as células B5:B29 e clicando no ícone <Assistente de gráfico>. Vamos escolher no <Tipo de gráfico>, a opção <Linha>, e no <Subtipo de gráficos>, a opção <Linhas>. Feito esta escolha, basta clicar no botão <Concluir>, conforme Figura 27 a seguir:

FIGURA 27: Opções para a geração de gráfico



No gráfico resultante, mostrado na Figura 28, é possível distinguir claramente a presença da tendência de crescimento na série de dados ao longo do tempo:

FIGURA 28: Tendência



Um modelo que captura a tendência em uma série temporal é o Holt linear, composto pelas equações a seguir:

$$L_t = \alpha Y_t + (1 - \alpha)(L_{t-1} + b_{t-1}) \tag{1}$$

$$b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1} \tag{2}$$

$$F_{t+m} = L_t + b_t m \tag{3}$$

Onde L_t representa o nível da série, b_t a tendência, Y_t os valores observados, F_t a previsão, m o número de períodos a serem previstos e, α e β , as constantes de amortecimento para as equações do nível e da tendência – que devem ser valores entre 0 e 1.

Como se trata de um modelo exponencial, é necessário inicializar o valor para o período 1 para L_t e b_t (a previsão para o período 1 não é calculada, uma vez que não se tem os valores anteriores do nível e da tendência). Neste caso, arbitra-se para o primeiro valor de L_t , o primeiro valor observado (Y_t). Já o primeiro da tendência é obtido através da subtração entre o segundo valor observado e o primeiro valor observado. Além disto, vamos atribuir, inicialmente, 0,5 para α e β .

Vamos lançar as fórmulas no Excel, conforme Figura 29 a seguir:

FIGURA 29: Fórmulas

Período t	Observado Y_t	Nível L_t	Tendência b_t	Previsão F_t
1	143	=B6	=B7-B6	
2	152	=(B\$1*B7)+((1-\$B\$1)*(C6+D6))	=(B\$2*(C7-C6))+((1-\$B\$2)*D6)	=C6+D6
3	161			
4	139			
5	137			
6	174			
7	142			
8	141			
9	162			
10	180			
11	164			
12	171			
13	206			
14	193			
15	207			
16	218			
17	229			
18	225			
19	204			
20	227			
21	223			
22	242			
23	239			
24	266			

As fórmulas das células C7:E7 devem ser arrastadas até as células C29:E29. O resultado é mostrado na Figura 30, a seguir:

FIGURA 30: Resultados

Período t	Observado Y_t	Nível L_t	Tendência b_t	Previsão F_t
1	143	143	9	
2	152	152	9	152
3	161	161	9	161
4	139	154,5	1,25	170
5	137	146,375	-3,4375	155,75
6	174	158,46875	4,328125	142,9375
7	142	152,398438	-0,87109375	162,796875
8	141	146,263672	-3,502929688	151,527344
9	162	152,380371	1,306884766	142,760742
10	180	166,843628	7,885070801	153,687256
11	164	169,364349	5,202896118	174,728699
12	171	172,783623	4,311084747	174,567245
13	206	191,547354	11,53740788	177,094707
14	193	198,042381	9,01621747	203,084762
15	207	207,029299	9,0015679	207,058598
16	218	217,015434	9,49385114	216,030867
17	229	227,754642	10,11652998	226,509285
18	225	231,435586	6,898736899	237,871172
19	204	221,167162	-1,684843864	238,334323
20	227	223,241159	0,194576721	219,482318
21	223	223,217868	0,085642833	223,435736
22	242	232,651755	4,759765181	223,303511
23	239	238,20576	5,156885059	237,411152
24	266	254,681323	10,81622373	243,362645

Porém, o que nos interessa são as previsões para além do período 24. Neste exemplo vamos trabalhar com 6 períodos. Para isto, basta acrescentar, a partir da célula A29, os 6 períodos desejados e nas células E30:E35 lançar as fórmulas mostradas na Figura 31:

FIGURA 31: Fórmulas para a previsão

Período t	Observado Y_t	Nível L_t	Tendência b_t	Previsão F_t
1	143	143	9	
2	152	152	9	152
3	161	161	9	161
4	139	154,5	1,25	170
5	137	146,375	-3,4375	155,75
6	174	158,46875	4,328125	142,9375
7	142	152,3984375	-0,87109375	162,796875
8	141	146,263671875	-3,5029296875	151,52734375
9	162	152,38037109375	1,306884765625	142,7607421875
10	180	166,8436279296875	7,88507080078125	153,687255859375
11	164	169,364349365234	5,20289611816406	174,728698730468
12	171	172,783622741699	4,31108474731445	174,567245483398
13	206	191,547353744506	11,537407875061	177,094707489013
14	193	198,042380809783	9,01621747016906	203,084761619567
15	207	207,029299139976	9,00156790018081	207,058598279953
16	218	217,015433520078	9,49385114014148	216,030867040157
17	229	227,75464233011	10,1165299750864	226,50928466022
18	225	231,435586152598	6,89873689878731	237,871172305196
19	204	221,167161525692	-1,68484386405907	238,334323051385
20	227	223,241158830817	0,194576720532496	219,482317661633
21	223	223,217867775675	0,0856428326951573	223,435735551349
22	242	232,651755304185	4,7597651806027	223,30351060837
23	239	238,205760242394	5,15688505940579	237,411520484788
24	266	254,6813226509	10,8162237339559	243,3626453018
30				=C\$29+\$D\$29*A30
31				=C\$29+\$D\$29*A31
32				=C\$29+\$D\$29*A32
33				=C\$29+\$D\$29*A33
34				=C\$29+\$D\$29*A34
35				=C\$29+\$D\$29*A35

Desta maneira iremos obter os valores previstos para os próximos seis períodos. Porém, tão importante quanto à previsão é sabermos o quanto este modelo é preciso. Para isto calculamos os erros da previsão, conforme equações a seguir:

$$E_t = Y_t - F_t \tag{4}$$

$$APE_t = \left| \frac{Y_t - F_t}{Y_t} \right| \times 100 \tag{5}$$

Onde E_t é o erro da previsão, obtido através da diferença entre o valor que, de fato ocorreu (Y_t) e o valor previsto pela fórmula (F_t). Já APE_t é o erro percentual absoluto da previsão, fornecendo o valor em percentuais absolutos. Vamos lançar estas fórmulas no Excel, conforme Figura 32:

FIGURA 32: Fórmulas para os erros

Período t	Observado Y_t	Nível L_t	Tendência b_t	Previsão F_t	Erro E_t	Erro % Abs APEt
1	143	143	9			
2	152	152	9	152	=B7-E7	=(ABS(F7)/B7)*100
3	161	161	9	161	=B8-E8	=(ABS(F8)/B8)*100
4	139	154,5	1,25	170	=B9-E9	=(ABS(F9)/B9)*100
5	137	146,375	-3,4375	155,75	=B10-E10	=(ABS(F10)/B10)*100
6	174	158,46875	4,328125	142,9375	=B11-E11	=(ABS(F11)/B11)*100
7	142	152,3984375	-0,87109375	162,796875	=B12-E12	=(ABS(F12)/B12)*100
8	141	146,263671875	-3,5029296875	151,52734375	=B13-E13	=(ABS(F13)/B13)*100
9	162	152,38037109375	1,306884765625	142,7607421875	=B14-E14	=(ABS(F14)/B14)*100
10	180	166,8436279296875	7,88507080078125	153,687255859375	=B15-E15	=(ABS(F15)/B15)*100
11	164	169,364349365234	5,20289611816406	174,728698730468	=B16-E16	=(ABS(F16)/B16)*100
12	171	172,783622741699	4,31108474731445	174,567245483398	=B17-E17	=(ABS(F17)/B17)*100
13	206	191,547353744506	11,537407875061	177,094707489013	=B18-E18	=(ABS(F18)/B18)*100
14	193	196,042380809783	9,01621747016906	203,084761619567	=B19-E19	=(ABS(F19)/B19)*100
15	207	207,029299139976	9,00156790018081	207,058598279953	=B20-E20	=(ABS(F20)/B20)*100
16	218	217,015433520078	9,49385114014148	216,030867040157	=B21-E21	=(ABS(F21)/B21)*100
17	229	227,75464233011	10,1165299750864	226,50928466022	=B22-E22	=(ABS(F22)/B22)*100
18	225	231,435586152598	6,89873689878731	237,871172305196	=B23-E23	=(ABS(F23)/B23)*100
19	204	221,167161525692	-1,68484386405907	238,334323051385	=B24-E24	=(ABS(F24)/B24)*100
20	227	223,241158830817	0,194576720532496	219,482317661633	=B25-E25	=(ABS(F25)/B25)*100
21	223	223,217867775675	0,0856428326951573	223,435735551349	=B26-E26	=(ABS(F26)/B26)*100
22	242	232,651755304185	4,7597651806027	223,30351060837	=B27-E27	=(ABS(F27)/B27)*100
23	239	238,205760242394	5,15688505940579	237,411520484788	=B28-E28	=(ABS(F28)/B28)*100
24	266	254,6813226509	10,8162237339559	243,3626453018	=B29-E29	=(ABS(F29)/B29)*100
1				265,497546384856		
2				276,313770118812		
3				287,129993852767		
4				297,946217586723		
5				308,762441320679		
6				319,578665054635		

Assim sendo, temos a cada período (células A6:A29), o erro (células F7:F29) na unidade de medida dos valores observados, bem como o percentual de erros (células G7:G29). É possível, portanto, calcularmos o erro médio percentual deste modelo, conforme Figura 33:

FIGURA 33: Cálculo da média dos erros percentuais absolutos

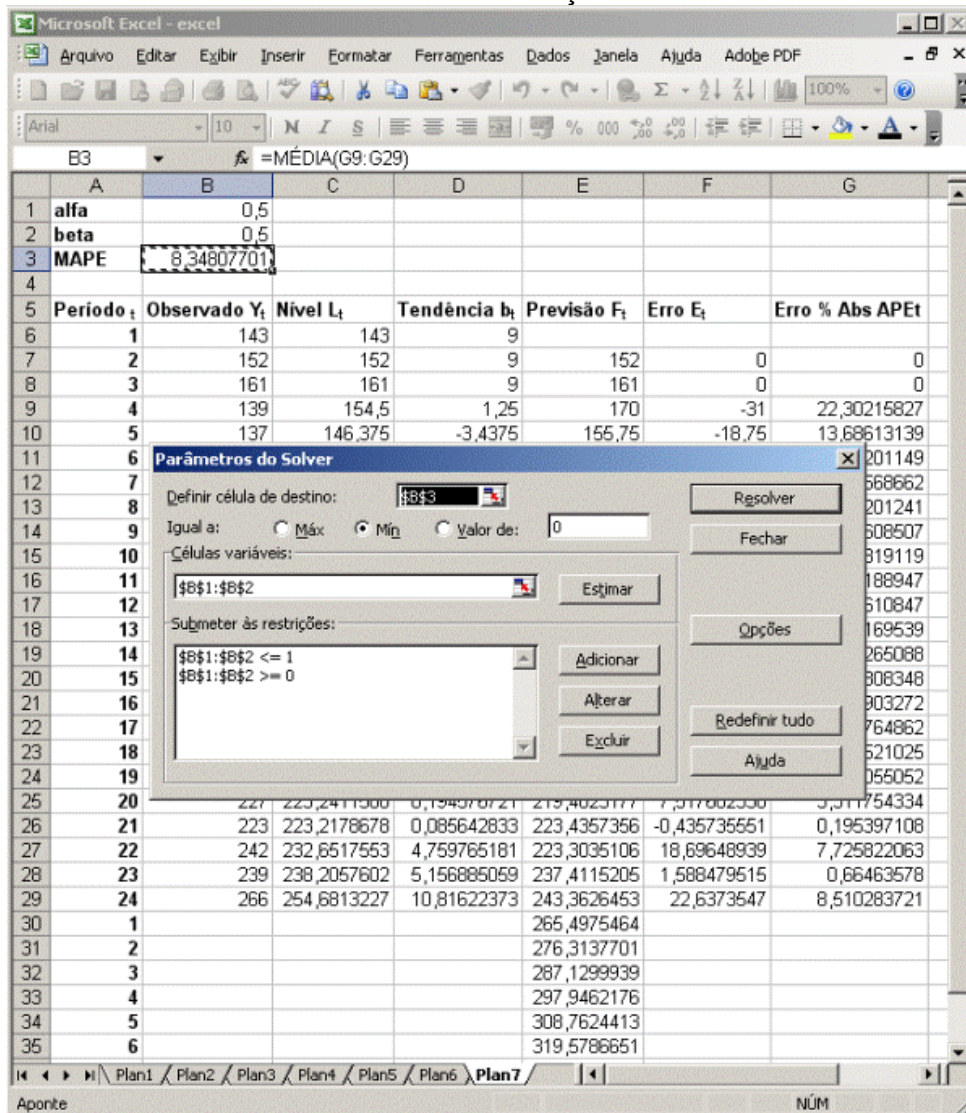
Período t	Observado Y_t	Nível L_t	Tendência b_t	Previsão F_t	Erro E_t	Erro % Abs APET
1	143	143	9			
2	152	152	9			
3	161	161	9	152	0	0
4	139	154,5	1,25	170	-31	22,3021582733813
5	137	146,375	-3,4375	155,75	-18,75	13,6861313868613
6	174	158,46875	4,328125	142,9375	31,0625	17,8520114942529
7	142	152,3984375	-0,87109375	162,796875	-20,796875	14,6456866197183
8	141	146,263671875	-3,5029296875	151,52734375	-10,52734375	7,46620124113475
9	162	152,38037109375	1,306884765625	142,7607421875	19,2392578125	11,8760850694444
10	180	166,843627929687	7,88507080078125	153,687255859375	26,312744140625	14,6181911892361
11	164	169,364349365234	5,20289611816406	174,728698730468	-10,728698730468	6,54188946979802
12	171	172,783622741699	4,31108474731445	174,567245483398	-3,56724548339843	2,08610846962365
13	206	191,547353744506	11,537407875061	177,094707489013	28,9052925109863	14,0316953936827
14	193	198,042380809783	9,01621747016906	203,084761619567	-10,0847616195678	5,225265087859
15	207	207,029299139976	9,00156790018081	207,058598279953	-0,0585982799530029	0,0283083478033831
16	218	217,015433520078	9,49385114014148	216,030867040157	1,96913295984268	0,903271999927836
17	229	227,75464233011	10,1165299750864	226,50928466022	2,49071533977965	1,0876486199912
18	225	231,435686152598	6,89873689878731	237,871172305196	-12,8711723051965	5,72052102453179
19	204	221,167161525692	-1,68484386405907	238,334323051385	-34,3343230513855	16,8305505153851
20	227	223,241158830817	0,194576720532496	219,462317661633	7,51768233636626	3,31175433408206
21	223	223,217867775675	0,0866428326951573	223,435735551349	-0,435735551349353	0,195397108228409
22	242	232,651755304185	4,7597651806027	223,30051060837	18,6964893916302	7,72582206265709
23	239	238,205760242394	5,156886505940579	237,411520484788	1,58847951521238	0,664635780423592
24	266	254,6813226509	10,8162237339559	243,3626453018	22,6373546982004	8,51028372112797
30	1			265,497546384856		
31	2			276,313770118812		
32	3			287,129993852767		
33	4			297,946217586723		
34	5			308,762441320679		
35	6			319,578665054635		

Ou seja, utilizando valores de 0,5 para α e β temos um modelo de previsão que traz consigo um erro de 8,34%. Vale atentar para o fato de que a média exclui os 2 primeiros valores previstos – o motivo para isto é que estes valores foram afetados pela inicialização do modelo.

Conforme mudamos os valores de α e β os erros aumentam ou diminuem – o que faz suscitar a seguinte pergunta: quais os valores ideais para α e β de forma que eu tenha o menor erro possível?

Esta resposta é dada pelo Solver, parametrizado conforme mostrado na Figura 34, a seguir:

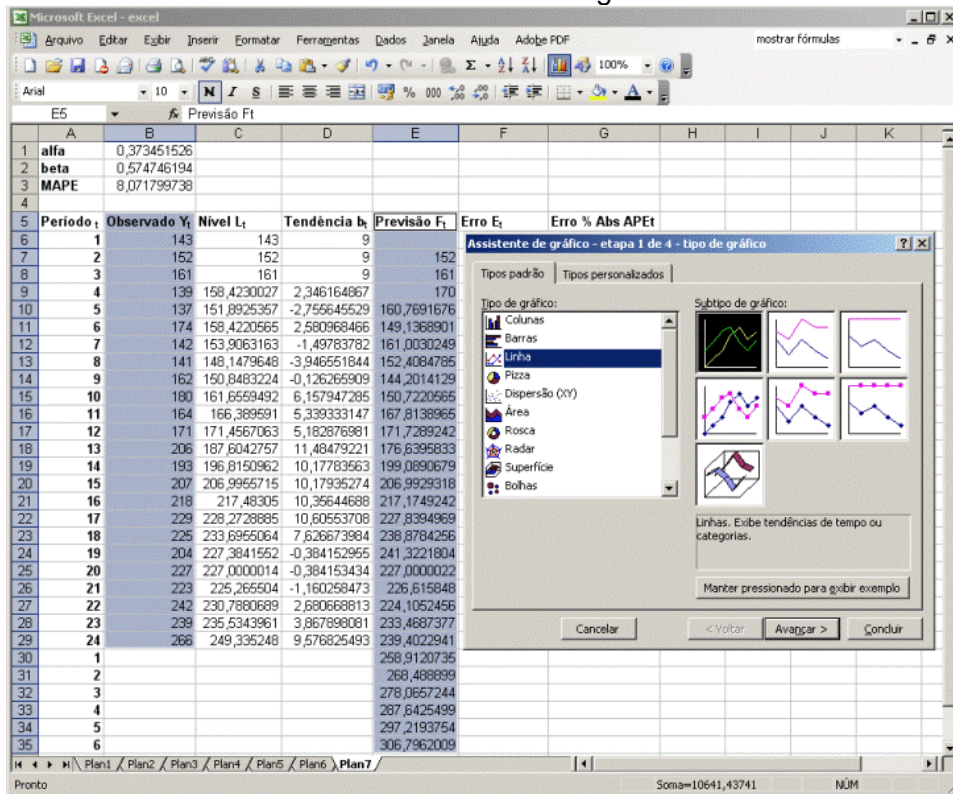
FIGURA 34: Parametrização do Solver



Nosso objetivo é encontrar a menor média de erros percentuais absolutos – portanto, B3 é a célula destino. A opção para esta célula é o valor mínimo (<Mín>). As células que irão variar são α e β (células B1:B2). Estas células devem possuir somente valores menores ou iguais a 1 (1ª restrição) e valores maiores ou iguais a 0 (2ª restrição). Ao clicar no botão <Resolver> temos, para α , o valor de 0,3734 e para β , 0,5747, o que irá contribuir para uma média dos erros percentuais absolutos de 8,07% – menor que o valor encontrado inicialmente.

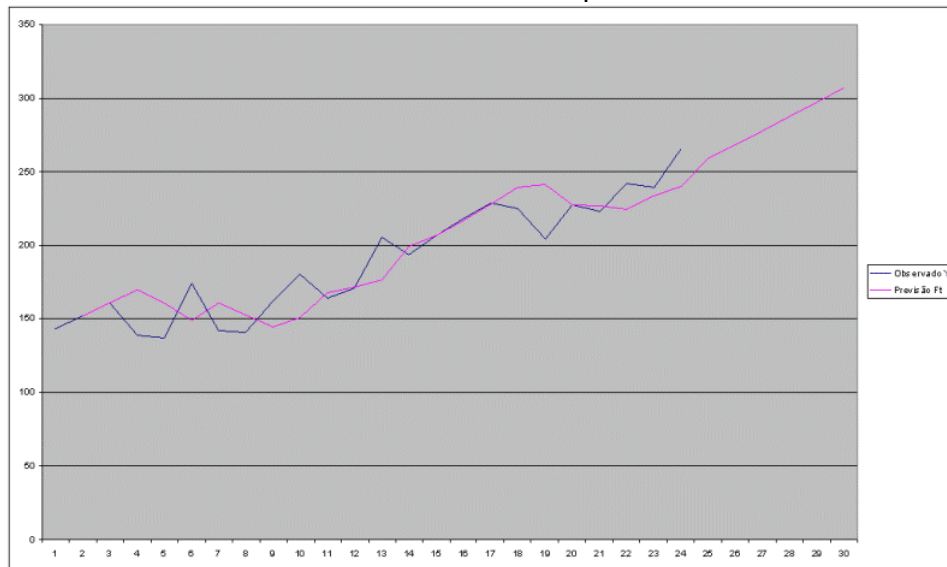
É possível, ainda, gerar um gráfico comparando os valores observados (células B3:B29) e os valores previstos (células E5:E35), selecionando o primeiro conjunto de células e, deixando a tecla <Ctrl> pressionada, selecionar o segundo conjunto. Após a seleção das células, clicar no <Assistente de gráfico>, selecionar o tipo de gráfico <Linha> e o subtipo <Linhas>. Por último, basta clicar no botão <Concluir>, conforme Figura 35:

FIGURA 35: Gerando o gráfico



O resultado pode ser visto na Figura 36:

FIGURA 36: Gráfico da previsão



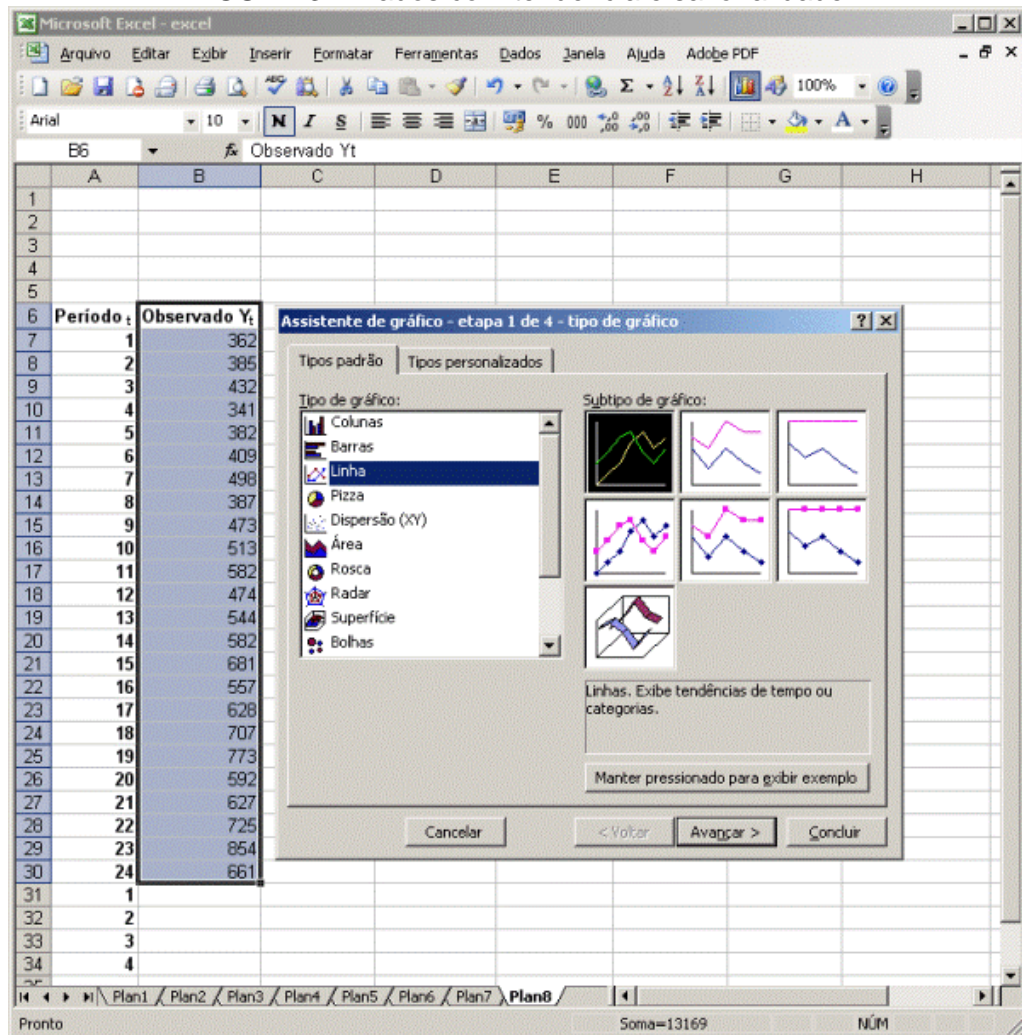
O gráfico mostra um crescimento linear dos dados a partir do período 24.

4.1.2 Séries com tendência e sazonalidade definidas

Outro elemento presente em algumas séries temporais é a sazonalidade. Este elemento indica a repetição de algum padrão (aumento ou queda) em determinados períodos durante 12 meses. Vamos digitar os dados referentes às exportações

quadrimestrais de uma empresa francesa na planilha, e gerar um gráfico conforme Figura 37 a seguir:

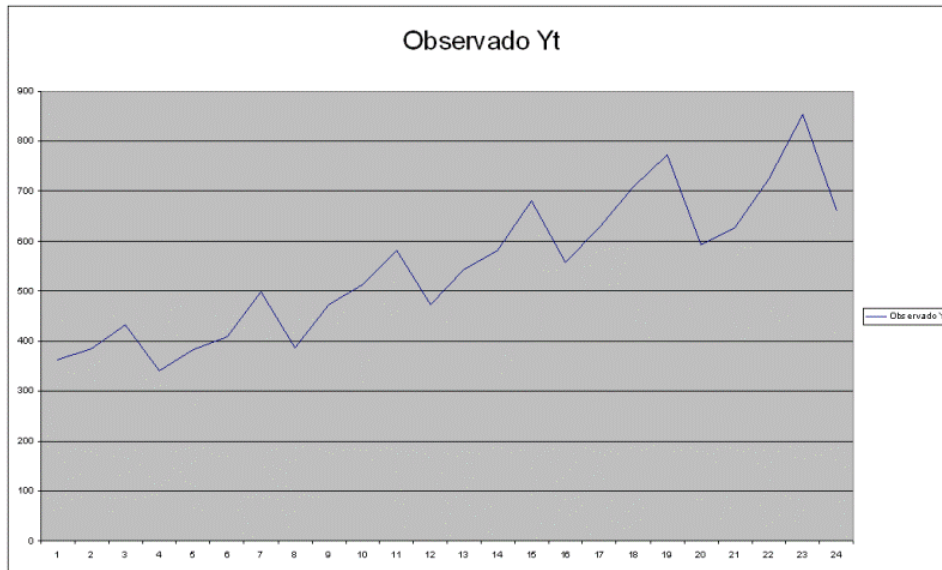
FIGURA 37: Dados com tendência e sazonalidade



Fonte: adaptado de Makridakis, Wheelwright e Hyndman (1998, p. 163).

Clicando no botão <Concluir>, do <Assistente de gráfico> é possível perceber, claramente, a presença da tendência de crescimento nos dados, bem como a sazonalidade a cada 4 períodos, conforme observado na Figura 38:

FIGURA 38: Tendência e sazonalidade



Um modelo que captura estes padrões (tendência e sazonalidade) é o Holt Winters (multiplicativo), composto pelas equações a seguir:

$$L_t = \alpha \frac{Y_t}{S_{t-s}} + (1 - \alpha)(L_{t-1} + b_{t-1}) \quad (6)$$

$$b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1} \quad (7)$$

$$S_t = \gamma \frac{Y_t}{L_t} + (1 - \gamma)S_{t-s} \quad (8)$$

$$F_{t+m} = (L_t + b_t m)S_{t-s+m} \quad (9)$$

Onde, s representa o período sazonal, L_t representa o nível da série, b_t denota a tendência, S_t é o componente sazonal e, F_{t+m} corresponde à previsão para m períodos à frente do período t . Este modelo utiliza as constantes de amortecimento α , β e γ , cujos valores variam entre 0 e 1 e são fixados pelo analista. Para o α , quanto maior o valor, mais rápida será a reação do modelo a uma variação real dos dados observados. O mesmo se aplica ao β , porém relacionado à tendência da série e, ao γ (relacionado à flutuação sazonal).

Como se trata de um modelo exponencial, é preciso inicializar os primeiros valores de L_t , b_t e S_t . Para o nível, usa-se média do primeiro período sazonal, ou seja:

$$L_s = \frac{1}{s}(Y_1 + Y_2 + \dots + Y_s) \quad (10)$$

Já o primeiro valor da tendência é obtido através de uma média móvel de ordem s , conforme equação a seguir:

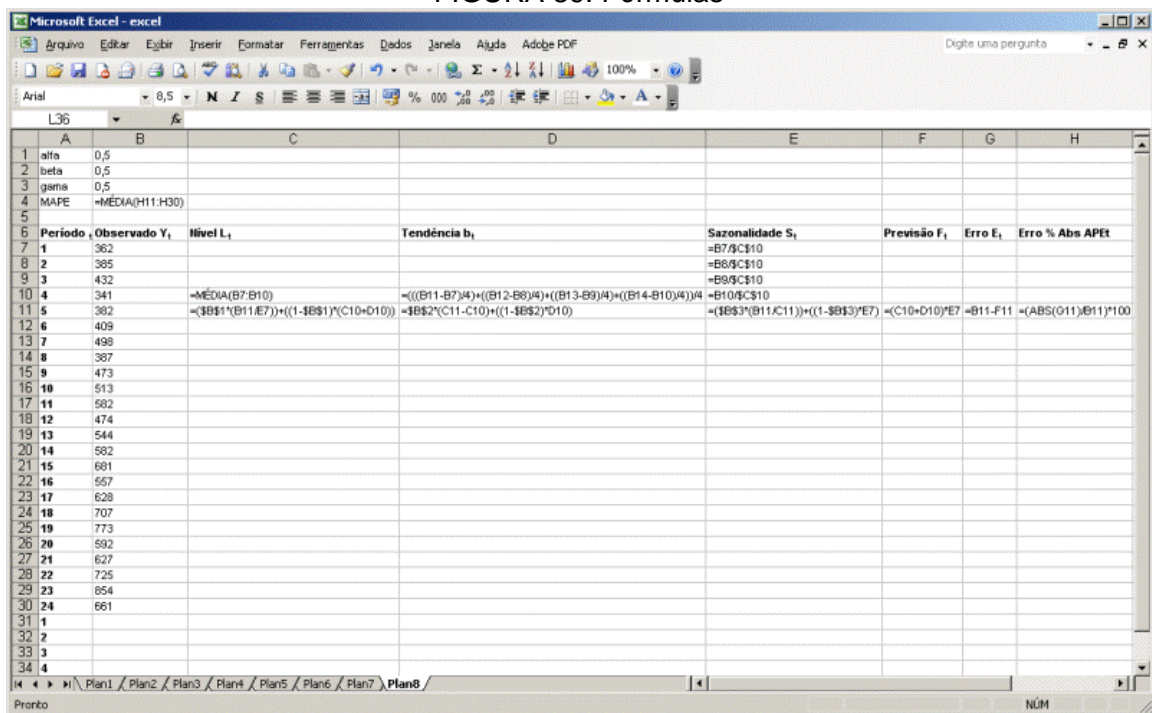
$$b_s = \frac{1}{s} \left(\frac{Y_{s+1} - Y_1}{s} + \frac{Y_{s+2} - Y_2}{s} + \dots + \frac{Y_{s+s} - Y_s}{s} \right) \quad (11)$$

Finalmente, a sazonalidade é inicializada pela razão entre os valores observados de cada período e a média do primeiro período sazonal:

$$S_1 = \frac{Y_1}{L_s}, S_2 = \frac{Y_2}{L_s}, \dots, S_s = \frac{Y_s}{L_s} \quad (12)$$

Vamos lançar as fórmulas, atribuindo inicialmente o valor 0,5 para α , β e γ , conforme a Figura 39:

FIGURA 39: Fórmulas



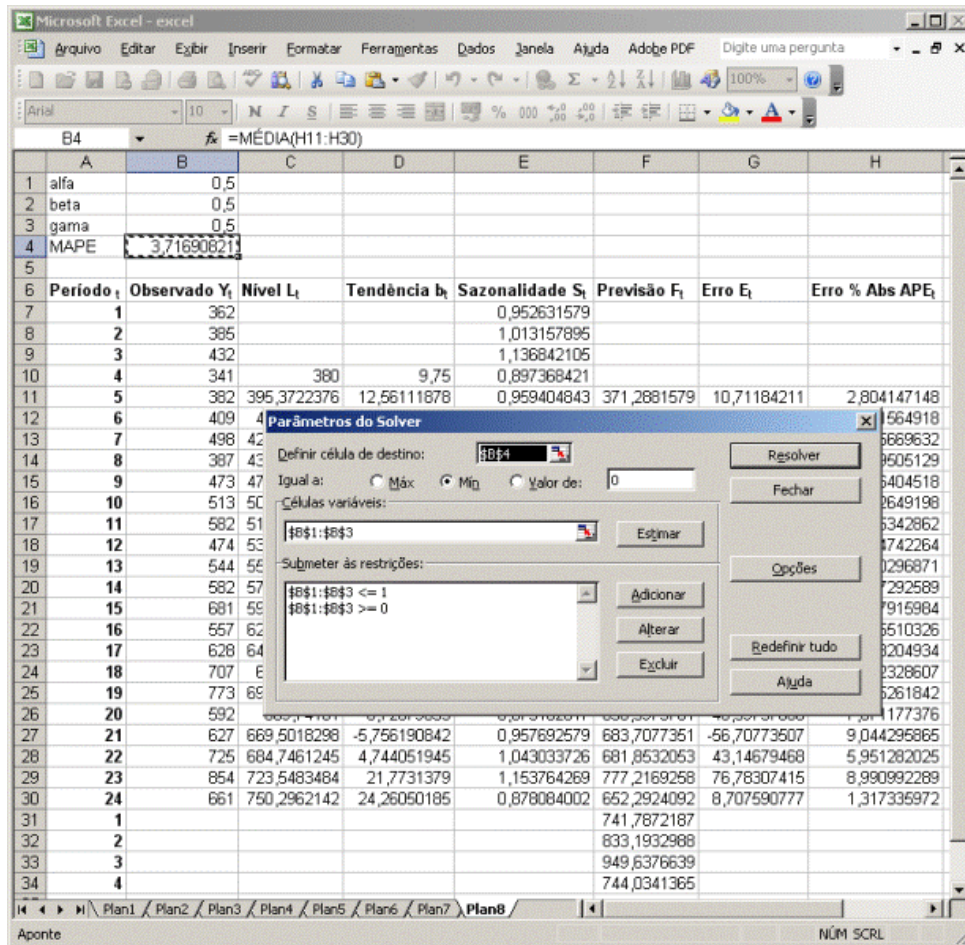
As fórmulas das células C11:H11 devem ser arrastadas até as células C30:H30. Como desejamos a previsão para os próximos 4 períodos à frente do período 24, devemos lançar as seguintes fórmulas nas células F31:F34:

FIGURA 40: Fórmulas para a previsão

6	Período t	Observado Y_t	Nível L_t	Tendência b_t	Sazonalidade S_t	Previsão F_t	Erro E_t	Erro % Abs APE _t
1	alfa	0,5						
2	beta	0,5						
3	gamma	0,5						
4	MAPE	3,71690821029152						
7	1	362			0,952631578947368			
8	2	385			1,01315789473684			
9	3	432			1,13684210526316			
10	4	341	380	9,75	0,897368421052632			
11	5	382	395,372237569061	12,5611187845304	0,959404842904345	371,288157894737	10,7118421052631	2,80414714797465
12	6	409	405,810834020951	11,4998576182105	1,01050832247584	413,300900516138	-4,30090051613837	1,05156491837124
13	7	498	427,683123597359	16,6860735973089	1,15062779931261	474,416365231889	23,5836347681106	4,73566963215072
14	8	387	437,815097131058	13,4090235655042	0,89065161016141	398,762884851004	-11,7628848510044	3,0395051294585
15	9	473	472,119050331841	23,8564883831434	0,980635395526763	432,906606631537	40,0933933684633	8,47640451764552
16	10	513	501,820414071936	26,7789260616195	1,01639319186977	501,187409615931	11,8125903840686	2,30264919767419
17	11	582	517,205084114522	21,0817900521024	1,13795338046923	608,221095455972	-26,221095455972	4,50534286185084
18	12	474	535,240753765483	19,558733851532	0,888117200042087	479,426078330469	-5,42607833046901	1,14474226381203
19	13	544	554,770927064534	19,5444535752916	0,980610153136334	544,056014977357	-0,0560149773569947	0,0102968708376828
20	14	582	573,464212567149	19,118869538953	1,01563889769129	583,730242868412	-1,73024286841212	0,297292589074247
21	15	681	595,512937855437	20,5837974136204	1,14075268080614	674,331921491515	6,68807850848522	0,979159839718829
22	16	557	621,633106210476	23,3519828843297	0,892072062009511	547,166107482226	9,83389251777407	1,76551032635082
23	17	628	642,70134413582	22,2101104048372	0,978867925961622	632,478926987909	-4,47892698790918	0,713204934380442
24	18	707	680,512502964487	30,0106346167521	1,02728088189803	675,309936751986	31,690063248014	4,48232860650834
25	19	773	694,072957507226	21,7855445797455	1,12723422667316	810,531174041638	-37,5311740416385	4,65526184238531
26	20	592	689,741009987287	8,72679852990339	0,875182617497352	638,597370063765	-46,5973700637649	7,87117737563596
27	21	627	669,501829772677	-5,75619084236375	0,957892578653969	683,707736074182	-56,7077360741822	9,04429586510083
28	22	725	684,74612450539	4,74405194518003	1,04303372559425	681,853205316316	43,1467946836844	5,95128202533579
29	23	854	723,548348360687	21,7731379002381	1,15376426931784	777,216925849998	76,7830741500022	8,99099228922743
30	24	661	750,296214165169	24,2605018523604	0,87808400184821	652,292409222852	8,70759077714763	1,31733597233701
31	1					=(C\$30+\$D\$30*A31)*E27		
32	2					=(C\$30+\$D\$30*A32)*E28		
33	3					=(C\$30+\$D\$30*A33)*E29		
34	4					=(C\$30+\$D\$30*A34)*E30		

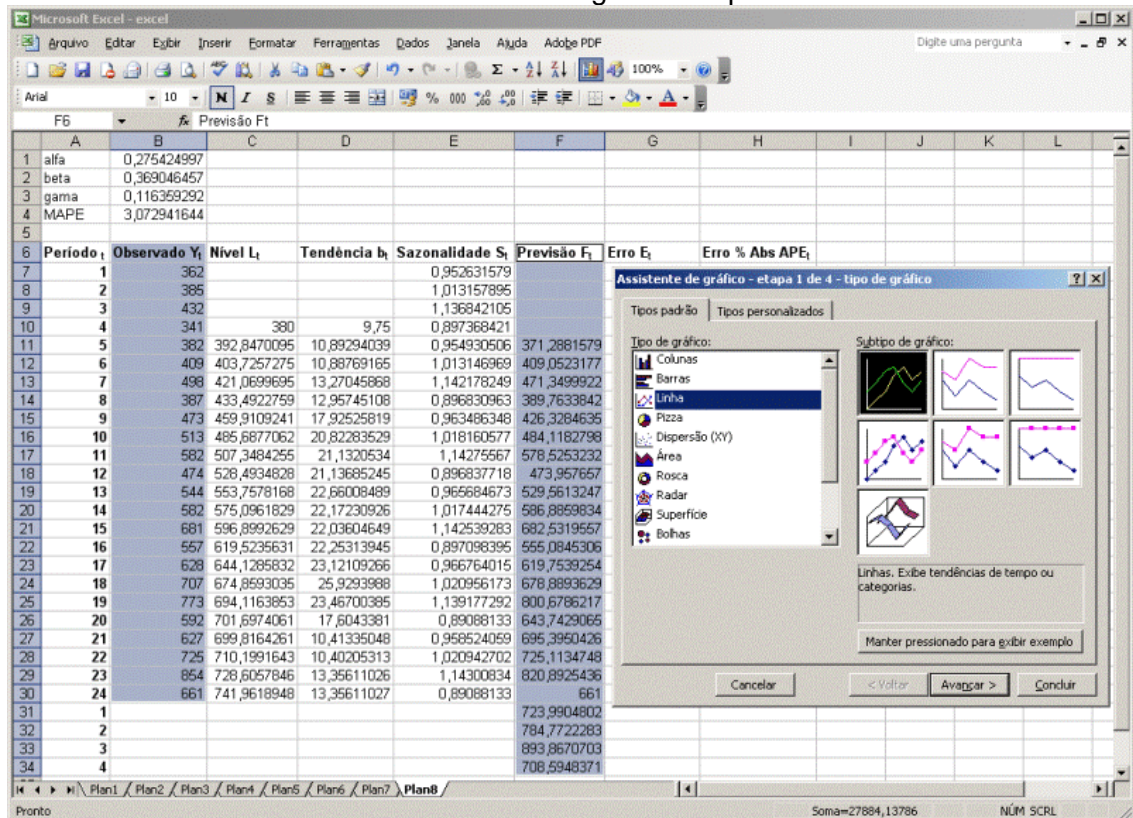
Atribuindo 0,5 para α , β e γ , obtivemos um erro médio percentual absoluto (MAPE) de 3,71% para o modelo. Utilizando o Solver é possível obter valores que minimizem o MAPE, parametrizando-o conforme a Figura 41:

FIGURA 41: Parâmetros do Solver



É possível, portanto, obter um MAPE menor ainda (3,07%). Ao se gerar um gráfico de linhas é possível visualizar o resultado da previsão, comparando-se os valores observados (células B6:B30) com os valores previstos (células F6:F34), conforme Figura 42:

FIGURA 42: Gerando gráfico da previsão



O resultado irá mostrar que a previsão para os próximos 4 períodos acompanha não somente a tendência, mas também a sazonalidade encontrada nos produtos exportados.

5 REGRESSÃO

O suplemento de <Análise de dados> contém uma série de modelos estatísticos – muitos deles utilizados em tomada de decisão. Como a estatística não é o objetivo deste curso, iremos abordar apenas a utilização do módulo de <Regressão> deste suplemento, visto sua aplicabilidade em diversos problemas que envolvem a explicação de determinados fenômenos na presença (ou ausência) de algumas variáveis.

Um exemplo do uso da regressão como ferramenta de apoio à decisão pode ser observado a partir do exemplo a seguir:

Uma cadeia de fast food verificou que as vendas mensais de refeições em suas casas estão relacionadas ao número de alunos matriculados em escolas situadas num raio de 2 km em torno da casa. Os dados referentes às vendas mensais e ao número de alunos matriculados num raio de 2 km das 13 casas da cadeia estão apresentados abaixo.

Vendas (y)	Alunos (x)
31,56	10
38	12
25,25	8
47,2	15
22	6,5
34,2	11
45,1	14,5
32,3	10,1
29	9,2
40,9	13,4
40	12,7
24,2	7,6
41	13,1

A empresa pretende instalar uma nova casa numa região onde o número de alunos é de 13750. Qual a previsão da demanda para esta nova casa?

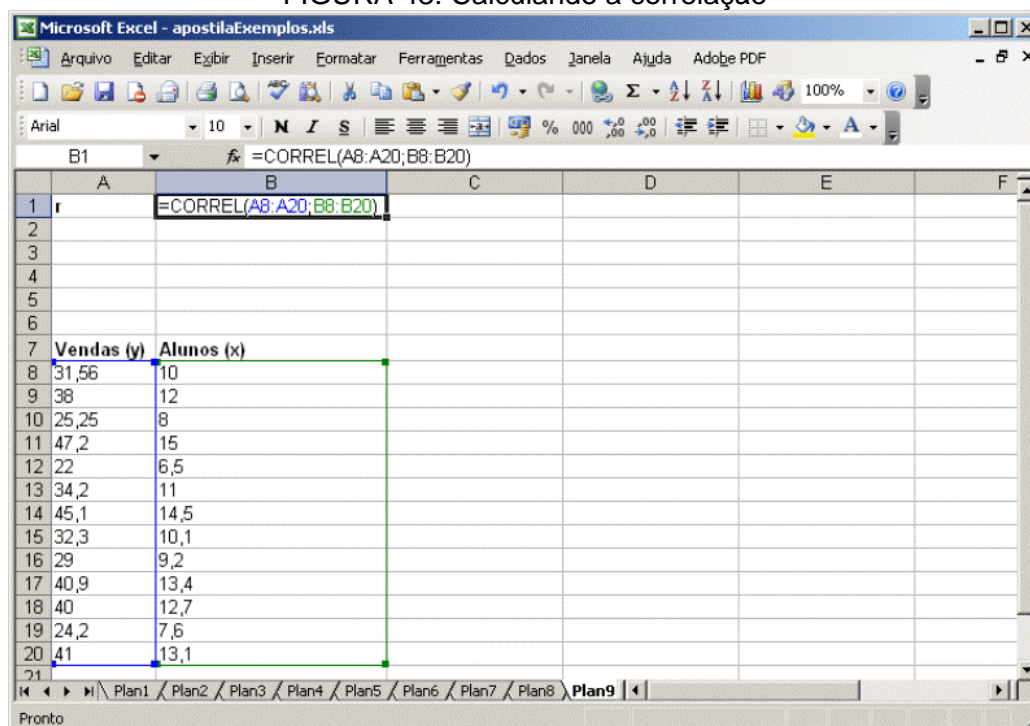
Fonte: adaptado de Tubino (2000, p. 81).

Trata-se de um problema de previsão de demanda – o que poderia sugerir a utilização dos modelos vistos anteriormente. Porém os dados não estão distribuídos ao longo do tempo, impossibilitando, portanto, a aplicação daqueles modelos.

No exemplo em questão deseja-se estimar a demanda a partir de uma outra variável (número de alunos). O primeiro passo é examinar se existe relação entre as variáveis “alunos” e “vendas”. Isto pode ser verificado através do coeficiente de correlação, obtido através da função do Excel CORREL(). O valor expresso por esta função varia de -1 a +1. Valores próximos a +1, indicam que existe uma relação linear positiva perfeita entre as variáveis, ou seja, a cada unidade incrementada em uma variável X, a variável Y é aumentada, proporcionalmente em uma unidade. Valores próximos a -1 indicam que, para cada unidade que é aumentada em X, uma unidade equivalente é decrescida em Y. Valores

próximos a 0 indicam que não existe relação entre as variáveis. Vamos, então, calcular a correlação entre as variáveis, conforme a Figura 43 a seguir:

FIGURA 43: Calculando a correlação



É possível perceber, portanto, que as variáveis “vendas” (Y) e “alunos” (X) possuem uma correlação altamente significativa (próximo a +1) – ou seja, se soubermos o valor de X podemos estimar o valor de Y, através da equação da reta:

$$y = a + bx \quad (12)$$

Onde, Y é o valor que desejamos obter, X é o valor (conhecido) que impacta na variável Y, a é o intercepto (onde a reta encontra o eixo Y) e, b representa declividade da reta, definindo o aumento ou a diminuição da variável y por unidade da variação da variável X. Os valores de a e b são calculados a partir das seguintes equações:

$$b = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \quad (13)$$

$$a = \frac{\sum y - b \sum x}{n} \quad (14)$$

Onde n representa o número de casos conhecidos. Vamos calcular estes valores conforme mostra a Figura 44:

FIGURA 44: Calculando a equação da reta

	A	B	C	D	E
1	r	=CORREL(A8:A20;B8:B20)			
2	b	=((13*C21)-(B21*A21))/((13*D21)-POTÊNCIA(B21,2))			
3	a	=(A21-(B2*B21))/13			
4	x				
5	y	=B3+(B2*B4)			
6					
7	Vendas (y)	Alunos (x)	xy	x ²	y ²
8	31,56	10	=A8*B8	=POTÊNCIA(B8,2)	=POTÊNCIA(A8,2)
9	38	12	=A9*B9	=POTÊNCIA(B9,2)	=POTÊNCIA(A9,2)
10	25,25	8	=A10*B10	=POTÊNCIA(B10,2)	=POTÊNCIA(A10,2)
11	47,2	15	=A11*B11	=POTÊNCIA(B11,2)	=POTÊNCIA(A11,2)
12	22	6,5	=A12*B12	=POTÊNCIA(B12,2)	=POTÊNCIA(A12,2)
13	34,2	11	=A13*B13	=POTÊNCIA(B13,2)	=POTÊNCIA(A13,2)
14	45,1	14,5	=A14*B14	=POTÊNCIA(B14,2)	=POTÊNCIA(A14,2)
15	32,3	10,1	=A15*B15	=POTÊNCIA(B15,2)	=POTÊNCIA(A15,2)
16	29	9,2	=A16*B16	=POTÊNCIA(B16,2)	=POTÊNCIA(A16,2)
17	40,9	13,4	=A17*B17	=POTÊNCIA(B17,2)	=POTÊNCIA(A17,2)
18	40	12,7	=A18*B18	=POTÊNCIA(B18,2)	=POTÊNCIA(A18,2)
19	24,2	7,6	=A19*B19	=POTÊNCIA(B19,2)	=POTÊNCIA(A19,2)
20	41	13,1	=A20*B20	=POTÊNCIA(B20,2)	=POTÊNCIA(A20,2)
21	=SOMA(A8:A20)	=SOMA(B8:B20)	=SOMA(C8:C20)	=SOMA(D8:D20)	=SOMA(E8:E20)

Uma vez efetuado os cálculos, basta digitar um valor para o número de alunos (X, célula B4) e teremos o valor esperado para o número de refeições (Y, célula B5).

Apesar do exemplo trazer ser um cálculo relativamente simples, quando temos mais de uma variável que impacta em outra, os cálculos tornam-se mais complexos. Neste sentido, o suplemento <Análise de dados> facilita a obtenção dos valores. O exemplo abaixo ilustra esta situação:

Um gerente de logística pretende otimizar o número de vagões que transporta a safra de grãos do oeste do Paraná para o Porto de Paranaguá. Com o tempo, ele percebeu que as toneladas transportadas dependem dos preços médios do dólar, petróleo, soja, milho e trigo (conforme estes valores flutuam, as toneladas transportadas aumentam ou diminuem). Ele colocou em uma planilha, os valores observados nos últimos 10 meses.

Ton. (y)	Dólar (x ₁)	Petróleo (x ₂)	Soja (x ₃)	Milho (x ₄)	Trigo (x ₅)
14513	1,057	18,1	0,26	0,12	0,14
44220	1,061	16,63	0,27	0,12	0,15
27895	1,068	18,58	0,27	0,13	0,17
33247	1,075	17,28	0,26	0,12	0,17
54498	1,081	17,35	0,25	0,12	0,16
59981	1,088	17,74	0,26	0,12	0,15
12312	1,094	17,97	0,28	0,12	0,15
1247	1,1	19,18	0,28	0,13	0,15
8420	1,107	18,48	0,29	0,13	0,15
36223	1,114	16,27	0,29	0,14	0,15

A partir deste cenário, qual deve ser a equação que possibilita o gerente dimensionar a quantidade de toneladas a serem transportadas?

Vamos lançar os dados conforme a Figura 45, a seguir:

FIGURA 45: Montagem da planilha

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Dólar (x_1)									
2	Petróleo (x_2)									
3	Soja (x_3)									
4	Milho (x_4)									
5	Trigo (x_5)									
6										
7	Ton. (y)									
8										
9	Ton. (y)	Dólar (x_1)	Petróleo (x_2)	Soja (x_3)	Milho (x_4)	Trigo (x_5)				
10	14513	1,057	18,1	0,26	0,12	0,14				
11	44220	1,061	16,63	0,27	0,12	0,15				
12	27895	1,068	18,58	0,27	0,13	0,17				
13	33247	1,075	17,28	0,26	0,12	0,17				
14	54498	1,081	17,35	0,25	0,12	0,16				
15	59981	1,088	17,74	0,26	0,12	0,15				
16	12312	1,094	17,97	0,28	0,12	0,15				
17	1247	1,1	19,18	0,28	0,13	0,15				
18	8420	1,107	18,48	0,29	0,13	0,15				
19	36223	1,114	16,27	0,29	0,14	0,15				

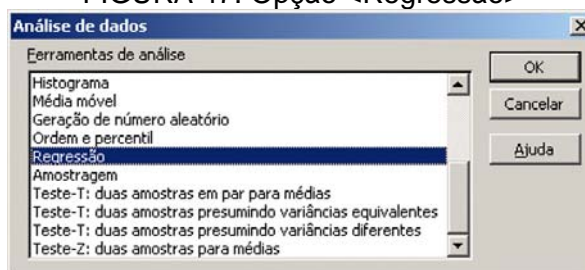
Agora vamos acessar o menu <Ferramentas>, opção <Análise de dados>, conforme mostrado na Figura 46:

FIGURA 46: Suplemento <Análise de dados>

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Dólar (x_1)									
2	Petróleo (x_2)									
3	Soja (x_3)									
4	Milho (x_4)									
5	Trigo (x_5)									
6										
7	Ton. (y)									
8										
9	Ton. (y)	Dólar (x_1)	Petróleo (x_2)							
10	14513	1,057	18,1							
11	44220	1,061	16,63							
12	27895	1,068	18,58							
13	33247	1,075	17,28							
14	54498	1,081	17,35	0,26	0,12	0,17				
15	59981	1,088	17,74	0,25	0,12	0,16				
16	12312	1,094	17,97	0,26	0,12	0,15				
17	1247	1,1	19,18	0,28	0,12	0,15				
18	8420	1,107	18,48	0,28	0,13	0,15				
19	36223	1,114	16,27	0,29	0,13	0,15				

Na janela que se abriu, devemos escolher a opção <Regressão>:

FIGURA 47: Opção <Regressão>



As opções para a análise de regressão são as seguintes:

- Intervalo \underline{Y} de entrada: devemos informar as células que correspondem à variável que desejamos obter – no caso, as toneladas transportadas (células A9:A19).
- Intervalo \underline{X} de entrada: são as células que representam as variáveis que explicam a quantidade transportada – no caso, preço médio do dólar, petróleo, soja, milho e trigo (células B9:F19).
- Rótulos: para os intervalos X e Y nós informamos os rótulos das células (A9:F9). Portanto temos que marcar a caixa <Rótulo> para que estas células não façam parte do cálculo.

Basta clicar no botão <Ok>. As opções dos quadros <Resíduos> e <Probabilidade normal> são relacionadas à geração de dados para uma análise estatística mais apurada – o que não é o caso deste curso. A Figura 48, a seguir, mostra as opções informadas para a regressão:

FIGURA 48: Opções <Regressão>

	A	B	C	D	E	F
1	Dólar (x_1)					
2	Petróleo (x_2)					
3	Soja (x_3)					
4	Milho (x_4)					
5	Trigo (x_5)					
6						
7	Ton. (y)					
8						
9	Ton. (y)	Dólar (x_1)	Petróleo (x_2)	Soja (x_3)	Milho (x_4)	Trigo (x_5)
10	14513	1,057	18,1	0,26	0,12	0,14
11	44220	1,061	16,63	0,27	0,12	0,15
12	27895	1,068	18,58	0,27	0,13	0,17
13	33247	1,075	17,28	0,26	0,12	0,17
14	54498	1,081	17,35	0,25	0,12	0,16
15	59981	1,088	17,74	0,26	0,12	0,15
16	12312	1,094	17,97	0,28	0,12	0,15
17	1247	1,1	19,18	0,28	0,13	0,15
18	8420	1,107	18,48	0,29	0,13	0,15
19	36223	1,114	16,27	0,29	0,14	0,15
20						
21						
22						

O Excel abre uma nova planilha (no caso, Plan11) com uma série de estatísticas. Entre elas, o “R múltiplo” (célula B4) que é o coeficiente de correlação (os resultados mostram que os dados selecionados explicam 87% das toneladas transportadas) e os coeficientes das variáveis explicativas (células B17:B22), conforme Figura 49:

FIGURA 49: Resultados <Regressão>

RESUMO DOS RESULTADOS									
Estatística de regressão									
R múltiplo	0,87079681								
R-Quadrado	0,758287084								
R-quadrado ajustado	0,456145939								
Erro padrão	14738,06864								
Observações	10								
ANOVA									
	gl	SQ	MQ	F	F de significação				
Regressão	5	2725680467	5,45E+08	2,509711	0,196723733				
Resíduo	4	868842669,2	2,17E+08						
Total	9	3594523136							
	Coeficientes	Erro padrão	Stat t	valor-P	95% inferiores	95% superiores	Inferior 95,0%	Superior 95,0%	
Interseção	182072,5436	345481,1103	0,527012	0,62606	-777136,794	1141281,881	-777136,794	1141281,881	
Dólar (x1)	300053,7609	370447,1493	0,809977	0,463386	-728472,4135	1328579,935	-728472,4135	1328579,935	
Petróleo (x2)	-12914,51022	5539,929192	-2,33117	0,080149	-26295,8195	2466,799072	-26295,8195	2466,799072	
Soja (x3)	-1162290,724	654119,6444	-1,77688	0,15023	-2978418,009	653836,5605	-2978418,009	653836,5605	
Milho (x4)	333231,6495	1152473,979	0,289145	0,786838	-2866549,088	3533012,387	-2866549,088	3533012,387	
Trigo (x5)	158684,7743	564109,824	0,281301	0,792431	-1407535,185	1724904,734	-1407535,185	1724904,734	

Voltando à planilha onde os dados estão dispostos (Plan10), basta inserir a fórmula que irá calcular as toneladas transportadas (célula B7). Como os valores das variáveis explicativas estão em outra planilha, para fazermos referências a estas células temos que informar, antes do endereço das células, o nome da planilha seguido do sinal de exclamação (Plan11!), conforme mostrada na Figura 50:

FIGURA 50: Fórmula da regressão

	Ton. (y)	Dólar (x1)	Petróleo (x2)	Soja (x3)	Milho (x4)	Trigo (x5)
10	14513	1,057	18,1	0,26	0,12	0,14
11	44220	1,061	16,63	0,27	0,12	0,15
12	27895	1,068	18,58	0,27	0,13	0,17
13	33247	1,075	17,28	0,26	0,12	0,17
14	54498	1,081	17,35	0,25	0,12	0,16
15	59981	1,088	17,74	0,26	0,12	0,15
16	12312	1,094	17,97	0,28	0,12	0,15
17	1247	1,1	19,18	0,28	0,13	0,15
18	8420	1,107	18,48	0,29	0,13	0,15
19	36223	1,114	16,27	0,29	0,14	0,15

Assim sendo, no caso do exemplo apresentado, basta o gerente informar o novo preço médio do dólar, petróleo, soja, milho e trigo, nas células B1:B5, respectivamente, para ter uma estimativa da quantidade de toneladas a serem transportadas (célula B7).

6 ANÁLISE HIPOTÉTICA DE DADOS

São ferramentas que possibilitam a análise rápida de dados. As mais utilizadas são “Cenários” e “Atingir meta”.

6.1 Análise de cenários

Permite a inserção de valores hipotéticos que permitem a visualização de diferentes projeções ou simulações de resultados. Vamos exemplificar com a planilha mostrada na Figura 51 a seguir:

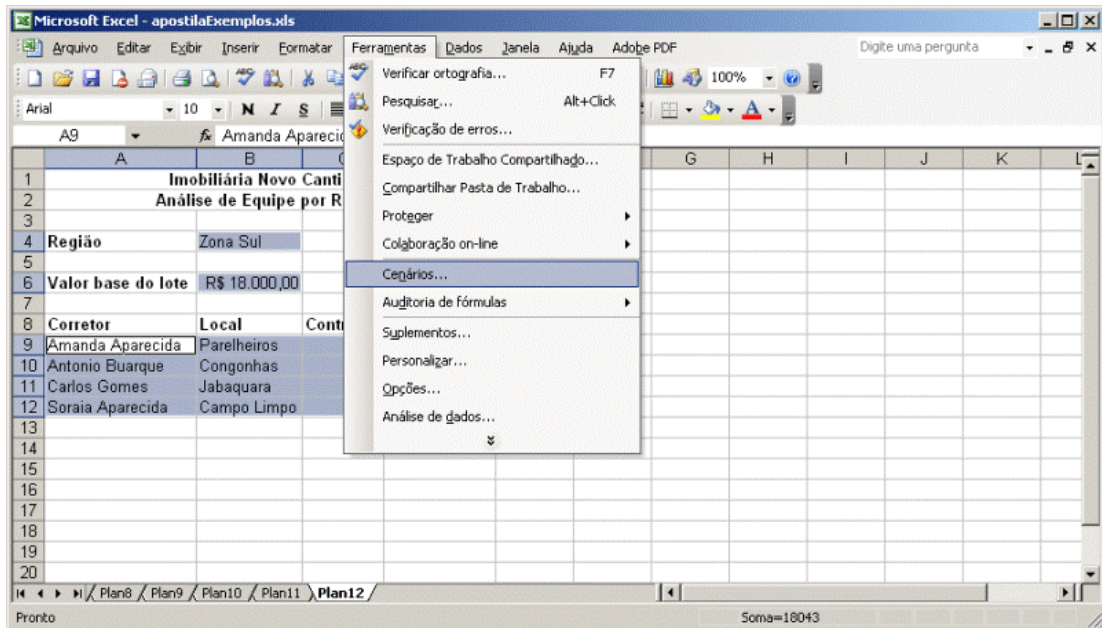
FIGURA 51: Exemplo “Cenário”

Imobiliária Novo Cantinho			
Análise de Equipe por Região			
Região	Zona Sul		
Valor base do lote	18000		
Corretor	Local	Contratos	Faturamento
Amanda Aparecida	Parelheiros	16	=\$B\$6*C9
Antonio Buarque	Congonhas	7	=\$B\$6*C10
Carlos Gomes	Jabaquara	8	=\$B\$6*C11
Soraia Almeida	Campo Limpo	12	=\$B\$6*C12

Fonte: Manzano (2006, p. 99)

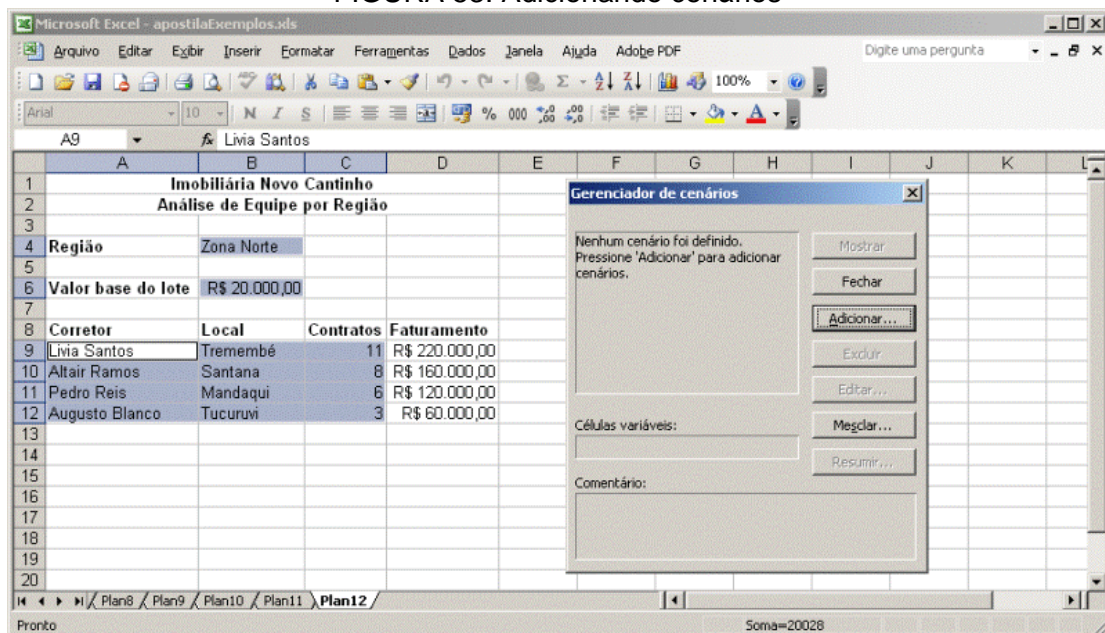
Vamos selecionar as células B4, B6 e A9:C12 e executar o comando <Ferramentas>, <Cenários>, conforme Figura 52:

FIGURA 52: Acessando a ferramenta "Cenários"



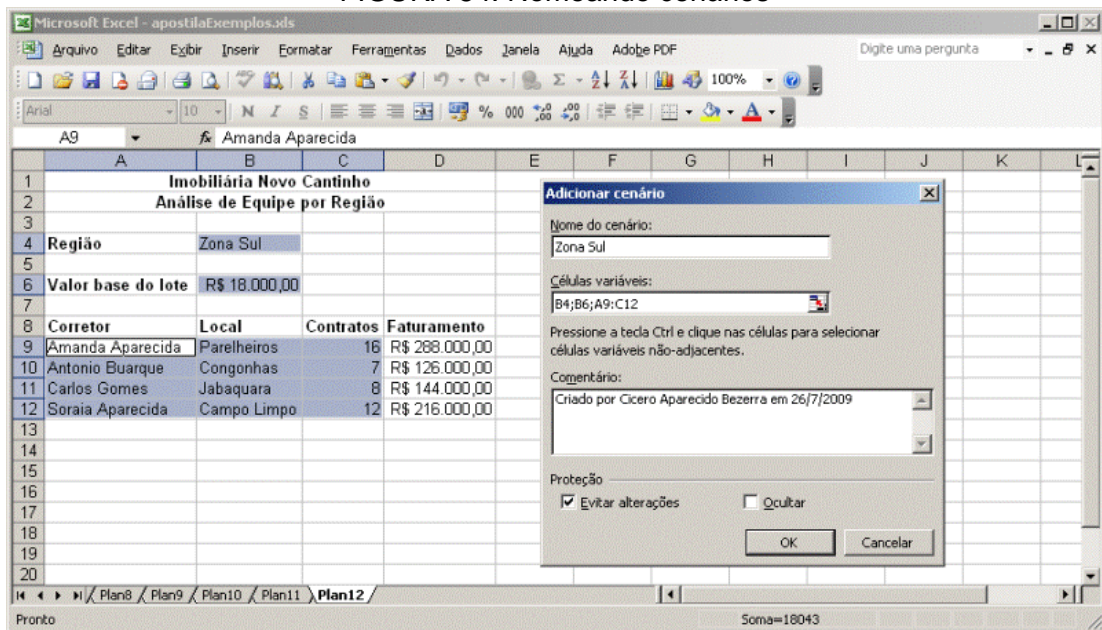
Na caixa <Gerenciador de cenários> que se abriu, vamos clicar no botão <Adicionar>:

FIGURA 53: Adicionando cenários



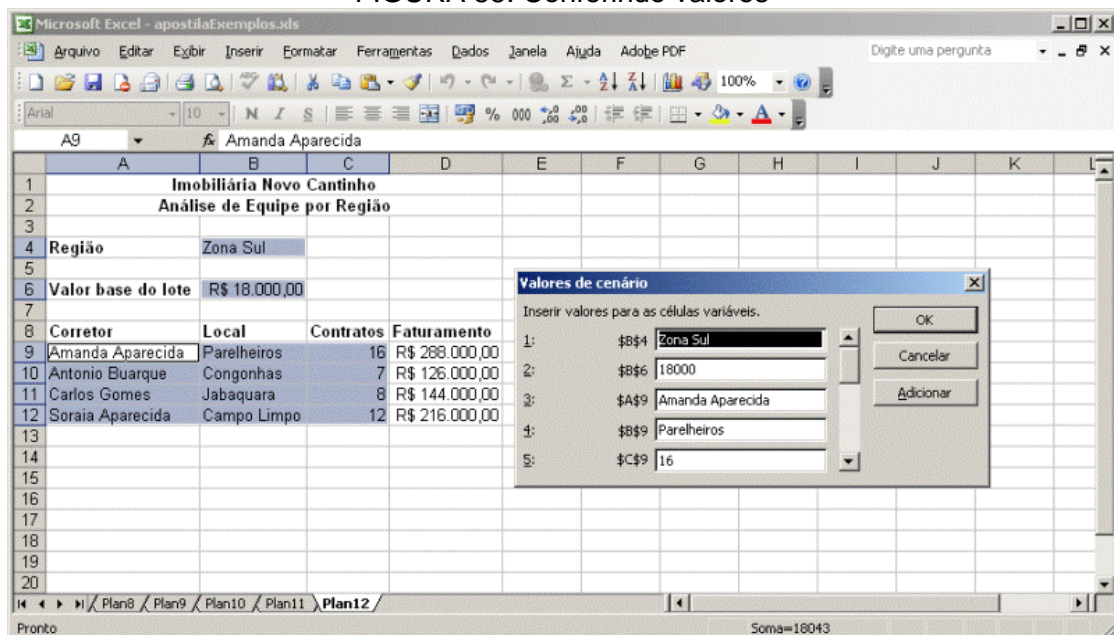
Na caixa <Adicionar cenário> vamos preencher o campo <Nome do cenário> com "Zona Sul" e clicar no botão <Ok>:

FIGURA 54: Nomeando cenários



A próxima caixa de diálogo irá mostrar os valores digitados para o cenário “Zona Sul”. Podemos conferir os valores e clicar no botão <Ok>:

FIGURA 55: Conferindo valores



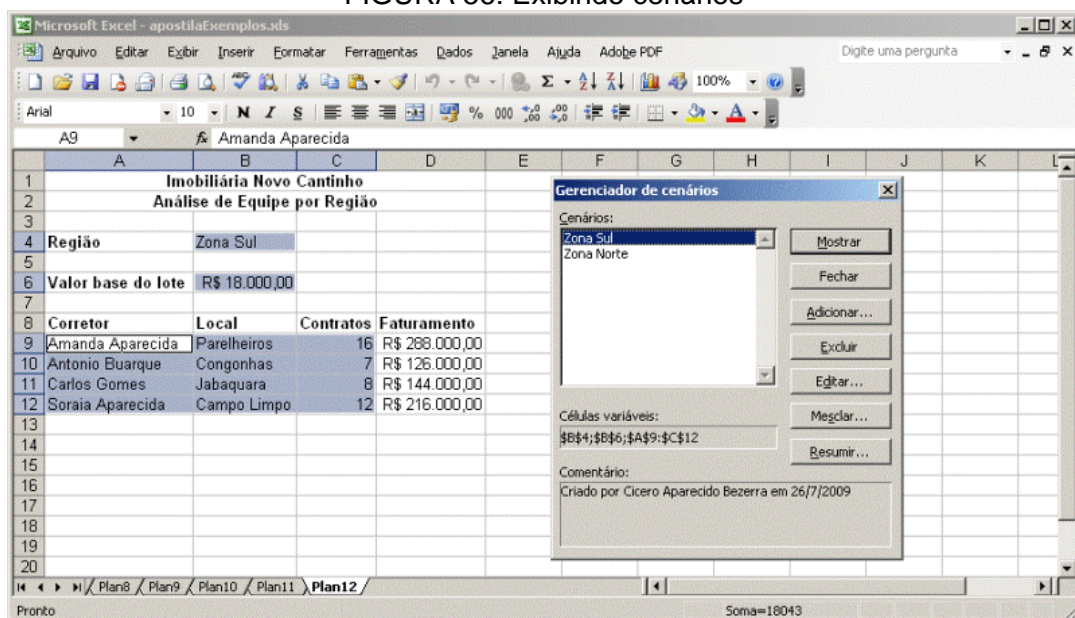
É possível, na caixa de diálogo que surgiu, adicionar um novo cenário, com novos dados, clicando no botão <Adicionar> e preenchendo novos dados. Vamos utilizar os seguintes dados:

- Nome do cenário: Zona Norte
- \$B\$4: Zona Norte
- \$B\$6: 20000

- \$A\$9: Livia Santos
- \$B\$9: Tremembé
- \$C\$9: 11
- \$A\$10: Altair Santos
- \$B\$10: Santana
- \$C\$10: 8
- \$A\$11: Pedro Reis
- \$B\$11: Mandaqui
- \$C\$11: 6
- \$A\$12: Augusto Blanco
- \$B\$12: Tucuruvi
- \$C\$12: 3

Ao clicar no botão <Ok> teremos 2 cenários, bastando selecionar o cenário desejado para exibir os dados e clicar no botão <Mostrar>:

FIGURA 56: Exibindo cenários



Todos os dados ficam armazenados em cenários distintos na mesma planilha, possibilitando a visualização dos dados de forma rápida.

6.2 Atingir meta

Outra ferramenta que facilita alguns processos de tomada de decisão é a “Atingir meta”. Vamos exemplificar, procurando pelo ponto de equilíbrio (quanto devemos produzir para que os custos e receitas sejam iguais a 0) de alguns produtos, conforme a planilha a seguir:

FIGURA 57: Exemplo “Atingir meta”

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1			Preço de Venda			Custos					
2	Produtos	Quantidade	Unitário	Receita	Unitário	Variável	Fixo	Total	Lucro		
3	Wafer		2,1	=B3*C3	1,07	=B3*E3	3200	=F3+G3	=D3-H3		
4	Chocolate		1,5	=B4*C4	0,59	=B4*E4	2700	=F4+G4	=D4-H4		
5	Água e sal		1,19	=B5*C5	0,38	=B5*E5	2560	=F5+G5	=D5-H5		
6	Maizena		1,27	=B6*C6	0,43	=B6*E6	2300	=F6+G6	=D6-H6		
7											
8											

Fonte: adaptado de Cinto e Góes (2006, p. 190).

Vamos então procurar pela quantidade produzida necessária, para cada item (células B3:B6), para que o lucro seja igual a 0 (células I3:I9). Vamos acessar o menu <Ferramentas>, opção <Atingir meta...>, conforme Figura 58 a seguir:

FIGURA 58: Acessando a ferramenta “Atingir meta”

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1			Preço de Venda								
2	Produtos	Quantidade	Unitário	Rec				Total	Lucro		
3	Wafer		R\$ 2,10	R\$				00 R\$ 3.200,00	(R\$ 3.200,00)		
4	Chocolate		R\$ 1,50	R\$				00 R\$ 2.700,00	(R\$ 2.700,00)		
5	Água e sal		R\$ 1,19	R\$				00 R\$ 2.560,00	(R\$ 2.560,00)		
6	Maizena		R\$ 1,27	R\$				00 R\$ 2.300,00	(R\$ 2.300,00)		
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											
15											
16											

Nossa meta, portanto, é que a célula I3 seja igual a 0 (zero), variando a célula B3 (que é a quantidade a ser produzida). Vamos inserir estes dados na caixa de diálogo <Atingir meta> e clicar no botão <Ok>:

FIGURA 59: Parametrizando <Atingir meta>

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1			Preço de Venda		Custos					
2	Produtos	Quantidade	Unitário	Receita	Unitário	Variável	Fixo	Total	Lucro	
3	Wafer		R\$ 2,10	R\$ 0,00	R\$ 1,07	R\$ 0,00	R\$ 3.200,00	R\$ 3.200,00	(R\$ 3.200,00)	
4	Chocolate		R\$ 1,50	R\$ 0,00	R\$ 0,59	R\$ 0,00	R\$ 2.700,00	R\$ 2.700,00	(R\$ 2.700,00)	
5	Água e sal		R\$ 1,19	R\$ 0,00	R\$ 0,38	R\$ 0,00	R\$ 2.560,00	R\$ 2.560,00	(R\$ 2.560,00)	
6	Maizena		R\$ 1,27	R\$ 0,00	R\$ 0,43	R\$ 0,00	R\$ 2.300,00	R\$ 2.300,00	(R\$ 2.300,00)	

A ferramenta <Atingir meta> irá variar os valores de B3 (quantidade) até que o valor do lucro (célula I3) seja igual a 0, conforme Figura 60, a seguir:

FIGURA 60: Resultado <Atingir meta>

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1			Preço de Venda		Custos					
2	Produtos	Quantidade	Unitário	Receita	Unitário	Variável	Fixo	Total	Lucro	
3	Wafer	3106,79612	R\$ 2,10	R\$ 6.524,27	R\$ 1,07	R\$ 3.324,27	R\$ 3.200,00	R\$ 6.524,27	R\$ 0,00	
4	Chocolate		R\$ 1,50	R\$ 0,00	R\$ 0,59	R\$ 0,00	R\$ 2.700,00	R\$ 2.700,00	(R\$ 2.700,00)	
5	Água e sal		R\$ 1,19	R\$ 0,00	R\$ 0,38	R\$ 0,00	R\$ 2.560,00	R\$ 2.560,00	(R\$ 2.560,00)	
6	Maizena		R\$ 1,27	R\$ 0,00	R\$ 0,43	R\$ 0,00	R\$ 2.300,00	R\$ 2.300,00	(R\$ 2.300,00)	

Vale ressaltar que a ferramenta <Atingir meta> apresenta resultados apenas célula a célula – ou seja, se desejarmos obter o ponto de equilíbrio de cada produto, temos que repetir a operação para cada produto.

7 ORGANIZAÇÃO DE DADOS

Ainda que não seja utilizado como modelo de apoio à tomada de decisões, o menu <Dados> contém uma série de opções utilizadas para auxiliar a classificação, visualização, agrupamento e organização de dados de uma planilha.

7.1 Filtrar

Podemos selecionar, automaticamente, os dados a serem exibidos em uma planilha. Vamos exemplificar esta situação através da planilha a seguir, mostrada na Figura 61:

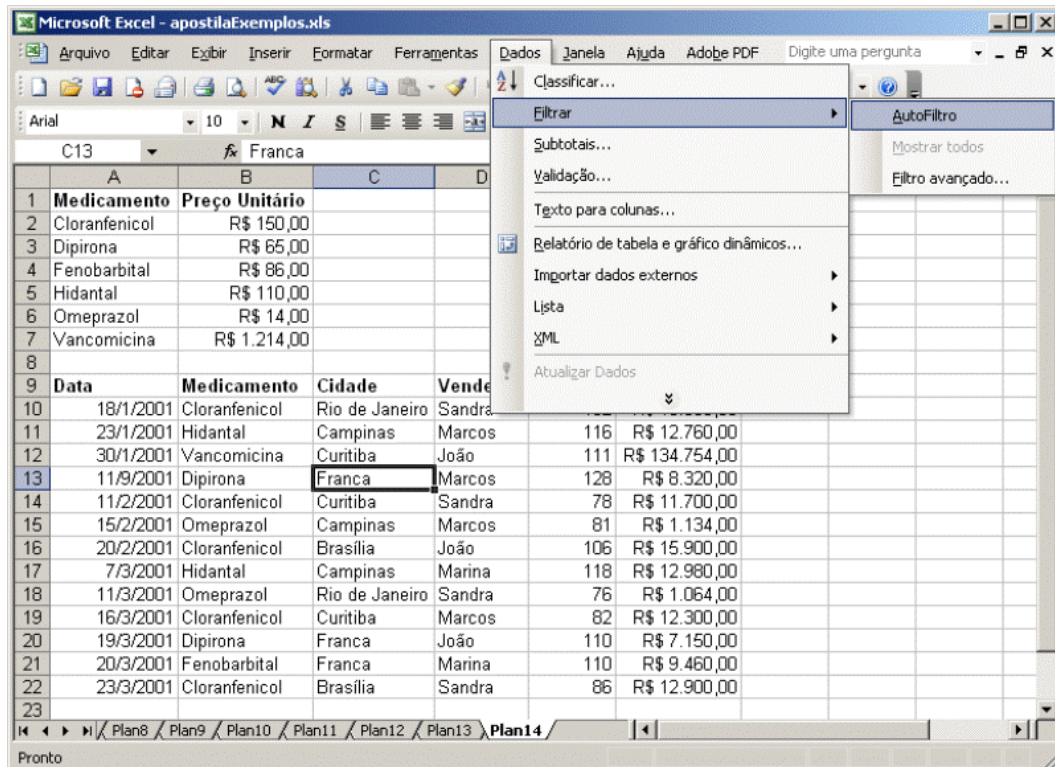
FIGURA 61: Exemplo <Filtro>

	A	B	C	D	E	F	G
1	Medicamento	Preço Unitário					
2	Cloranfenicol	150					
3	Dipirona	65					
4	Fenobarbital	86					
5	Hidantal	110					
6	Omeprazol	14					
7	Vancomicina	1214					
8							
9	Data	Medicamento	Cidade	Vendedor	Quantidade	Total	
10	36909	Cloranfenicol	Rio de Janeiro	Sandra	102	=PROCV(B10;\$A\$2:\$B\$7,2)*E10	
11	36914	Hidantal	Campinas	Marcos	116	=PROCV(B11;\$A\$2:\$B\$7,2)*E11	
12	36921	Vancomicina	Curitiba	João	111	=PROCV(B12;\$A\$2:\$B\$7,2)*E12	
13	37145	Dipirona	Franca	Marcos	128	=PROCV(B13;\$A\$2:\$B\$7,2)*E13	
14	36933	Cloranfenicol	Curitiba	Sandra	78	=PROCV(B14;\$A\$2:\$B\$7,2)*E14	
15	36937	Omeprazol	Campinas	Marcos	81	=PROCV(B15;\$A\$2:\$B\$7,2)*E15	
16	36942	Cloranfenicol	Brasília	João	106	=PROCV(B16;\$A\$2:\$B\$7,2)*E16	
17	36957	Hidantal	Campinas	Marina	118	=PROCV(B17;\$A\$2:\$B\$7,2)*E17	
18	36961	Omeprazol	Rio de Janeiro	Sandra	76	=PROCV(B18;\$A\$2:\$B\$7,2)*E18	
19	36966	Cloranfenicol	Curitiba	Marcos	82	=PROCV(B19;\$A\$2:\$B\$7,2)*E19	
20	36969	Dipirona	Franca	João	110	=PROCV(B20;\$A\$2:\$B\$7,2)*E20	
21	36970	Fenobarbital	Franca	Marina	110	=PROCV(B21;\$A\$2:\$B\$7,2)*E21	
22	36973	Cloranfenicol	Brasília	Sandra	86	=PROCV(B22;\$A\$2:\$B\$7,2)*E22	
23							

Fonte: adaptado de Cinto e Góes (2006, p. 33).

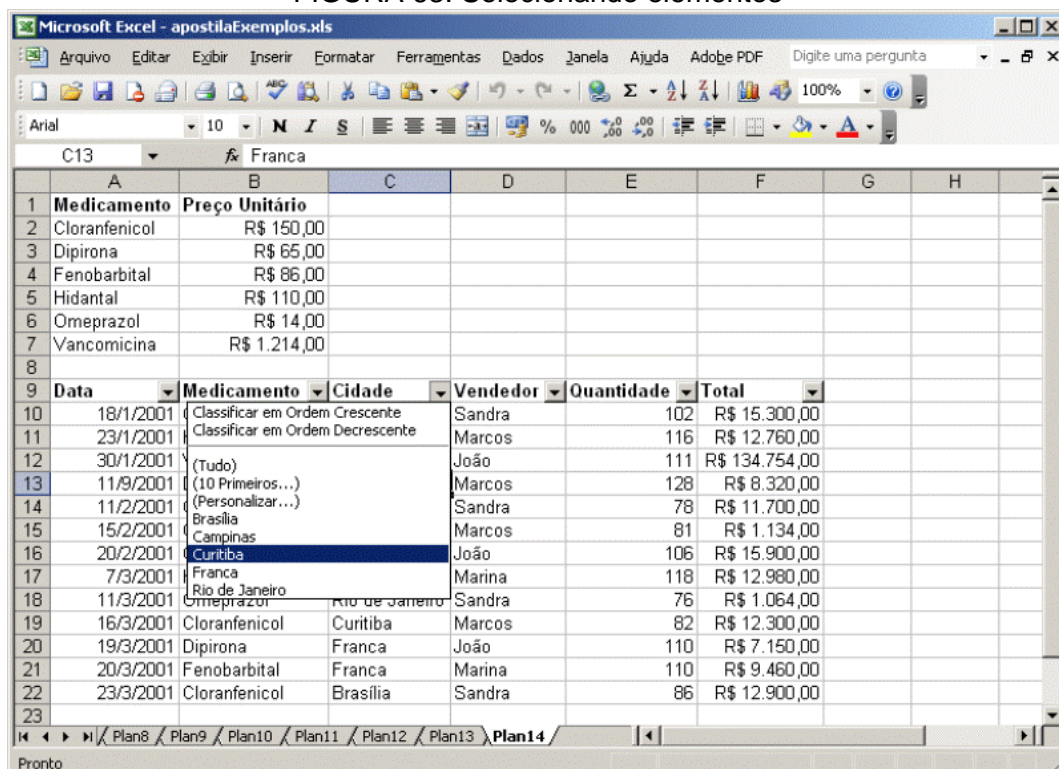
Vamos inserir filtros nos dados presentes nas células A9:F22, para, posteriormente, podermos selecionar os dados a serem exibidos. Para isto basta clicar em qualquer célula dentro do intervalo desejado e acessar o menu <Dados>, opções <Filtrar>, <AutoFiltro>, conforme mostrado na Figura 62, a seguir:

FIGURA 62: Acessando a ferramenta <Filtro>



Automaticamente, ao lado de cada rótulo dos conjuntos de dados (células A9:F9), aparece uma seta indicando que, ao clicar, podemos selecionar os elementos que desejamos visualizar. Vamos selecionar, por exemplo, a cidade de “Curitiba”, conforme Figura 63:

FIGURA 63: Selecionando elementos



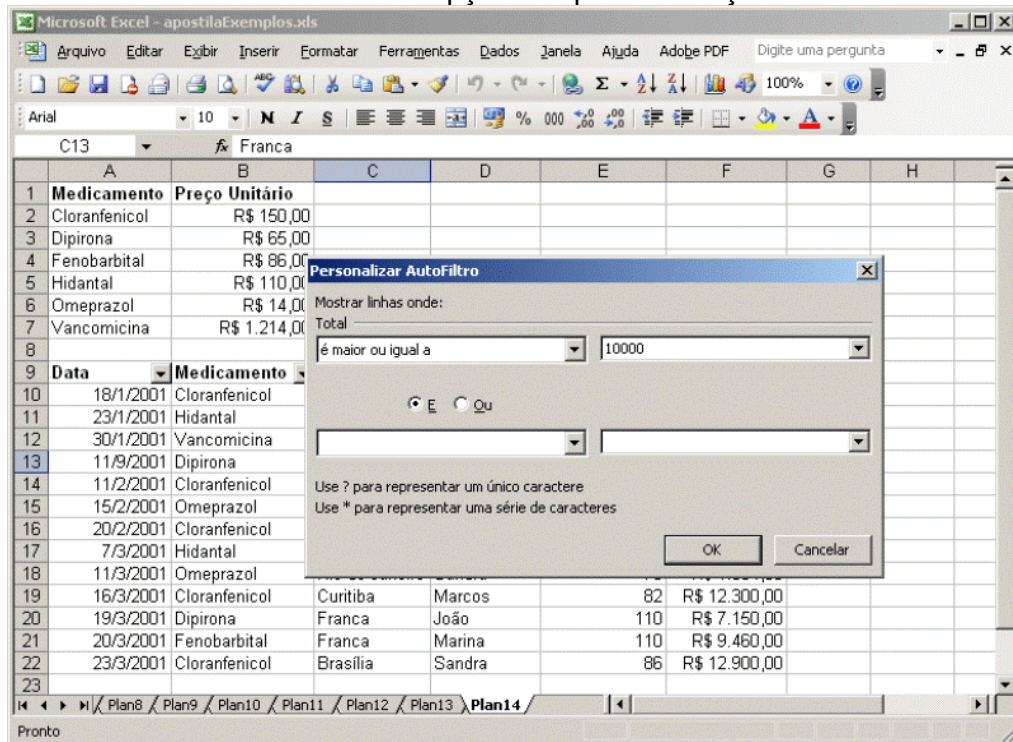
Serão mostradas somente as linhas referentes às vendas efetuadas em “Curitiba”. É possível, também, personalizar a seleção. Vamos, por exemplo, visualizar somente os registros cujas vendas são maiores que R\$ 10.000,00. Para isto basta clicar na seta ao lado de “Total”, na opção <Personalizar>:

FIGURA 64: Personalizando a seleção

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Medicamento	Preço Unitário						
2	Cloranfenicol	R\$ 150,00						
3	Dipirona	R\$ 65,00						
4	Fenobarbital	R\$ 66,00						
5	Hidantal	R\$ 110,00						
6	Omeprazol	R\$ 14,00						
7	Vancomicina	R\$ 1.214,00						
8								
9	Data	Medicamento	Cidade	Vendedor	Quantidade	Total		
10	18/1/2001	Cloranfenicol	Rio de Janeiro	Sandra		Classificar em Ordem Crescente		
11	23/1/2001	Hidantal	Campinas	Marcos		Classificar em Ordem Decrescente		
12	30/1/2001	Vancomicina	Curitiba	João		(Tudo)		
13	11/9/2001	Dipirona	Franca	Marcos		(10 Primeiros...)		
14	11/2/2001	Cloranfenicol	Curitiba	Sandra		(Personalizar...)		
15	15/2/2001	Omeprazol	Campinas	Marcos		R\$ 1.064,00		
16	20/2/2001	Cloranfenicol	Brasília	João		R\$ 1.134,00		
17	7/3/2001	Hidantal	Campinas	Marina		R\$ 7.150,00		
18	11/3/2001	Omeprazol	Rio de Janeiro	Sandra		R\$ 8.320,00		
19	16/3/2001	Cloranfenicol	Curitiba	Marcos		R\$ 9.460,00		
20	19/3/2001	Dipirona	Franca	João		R\$ 11.700,00		
21	20/3/2001	Fenobarbital	Franca	Marina		R\$ 12.300,00		
22	23/3/2001	Cloranfenicol	Brasília	Sandra		R\$ 12.760,00		
23						R\$ 12.900,00		
						R\$ 12.980,00		
						R\$ 15.300,00		
						R\$ 15.900,00		
						R\$ 134.754,00		

Na caixa de diálogo <Personalizar AutoFiltro> devemos selecionar, no grupo <Total> o tipo de comparação desejada (no caso, <é maior ou igual a>) e o valor a ser comparado, e clicar no botão <Ok>, conforme Figura 65:

FIGURA 65: Opções de personalização



O resultado mostra os registros que satisfazem a condição desejada.

7.2 Subtotais

A ferramenta <Subtotais> totaliza grupos de dados de acordo com os parâmetros desejados. Para exemplificar vamos digitar os dados conforme mostrado na Figura 66 a seguir:

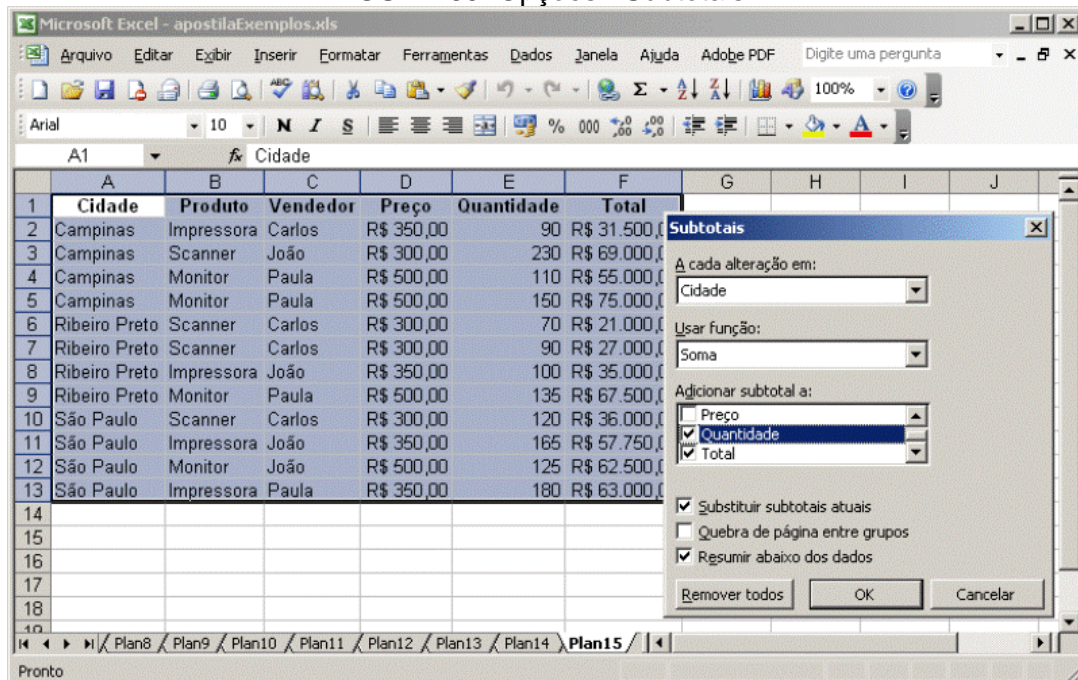
FIGURA 66: Exemplo <Subtotais>

1	Cidade	Produto	Vendedor	Preço	Quantidade	Total
2	Ribeiro Preto	Scanner	Carlos	300	70	=D2*E2
3	Ribeiro Preto	Scanner	Carlos	300	90	=D3*E3
4	Campinas	Impressora	Carlos	350	90	=D4*E4
5	Ribeiro Preto	Impressora	João	350	100	=D5*E5
6	São Paulo	Scanner	Carlos	300	120	=D6*E6
7	Campinas	Monitor	Paula	500	110	=D7*E7
8	São Paulo	Impressora	João	350	165	=D8*E8
9	São Paulo	Monitor	João	500	125	=D9*E9
10	São Paulo	Impressora	Paula	350	180	=D10*E10
11	Ribeiro Preto	Monitor	Paula	500	135	=D11*E11
12	Campinas	Scanner	João	300	230	=D12*E12
13	Campinas	Monitor	Paula	500	150	=D13*E13

Fonte: adaptado de Cinto e Góes (2006, p. 91).

Em <A cada alteração em>, vamos selecionar “Cidade”. Em <Usar função> vamos escolher “Soma”. Na opção <Adicionar subtotal a> vamos marcar as opções “Quantidade” e “Total” e, clicar no botão <Ok>, conforme Figura 69:

FIGURA 69: Opções <Subtotais>



Os totais dos rótulos “Quantidade” e “Total”, por cidade, são mostrados a seguir:

FIGURA 70: Resultados <Subtotais>

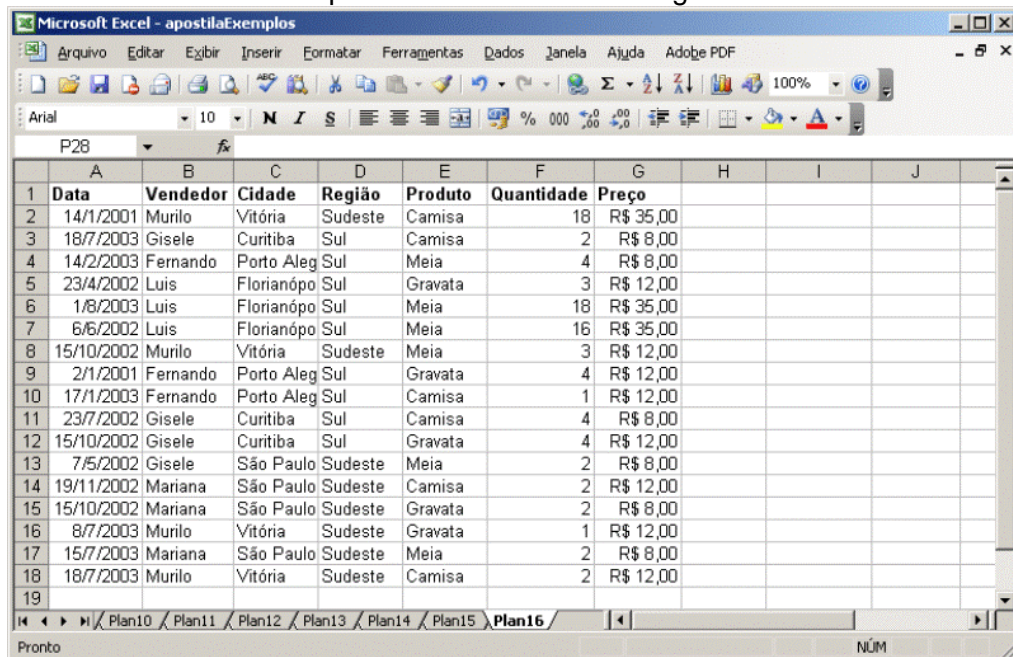
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Cidade	Produto	Vendedor	Preço	Quantidade	Total			
2	Campinas	Impressora	Carlos	R\$ 350,00	90	R\$ 31.500,00			
3	Campinas	Scanner	João	R\$ 300,00	230	R\$ 69.000,00			
4	Campinas	Monitor	Paula	R\$ 500,00	110	R\$ 55.000,00			
5	Campinas	Monitor	Paula	R\$ 500,00	150	R\$ 75.000,00			
6	Campinas Total				580	R\$ 230.500,00			
7	Ribeiro Preto	Scanner	Carlos	R\$ 300,00	70	R\$ 21.000,00			
8	Ribeiro Preto	Scanner	Carlos	R\$ 300,00	90	R\$ 27.000,00			
9	Ribeiro Preto	Impressora	João	R\$ 350,00	100	R\$ 35.000,00			
10	Ribeiro Preto	Monitor	Paula	R\$ 500,00	135	R\$ 67.500,00			
11	Ribeiro Preto Total				395	R\$ 150.500,00			
12	São Paulo	Scanner	Carlos	R\$ 300,00	120	R\$ 36.000,00			
13	São Paulo	Impressora	João	R\$ 350,00	165	R\$ 57.750,00			
14	São Paulo	Monitor	João	R\$ 500,00	125	R\$ 62.500,00			
15	São Paulo	Impressora	Paula	R\$ 350,00	180	R\$ 63.000,00			
16	São Paulo Total				590	R\$ 219.250,00			
17	Total geral				1565	R\$ 600.250,00			

É possível notar que o Excel mostra no lado esquerdo da planilha, sinais de subtração (–) que, clicados, contraem aquele conjunto de registros.

7.3 Relatório de tabela e gráfico dinâmicos

A ferramenta <Relatório de tabela e gráfico dinâmicos> é utilizada para a comparação cruzada dos diversos elementos presentes em uma planilha. Vamos utilizar como exemplo, a planilha a seguir:

FIGURA 71: Exemplo <Relatório de tabela e gráfico dinâmicos...>



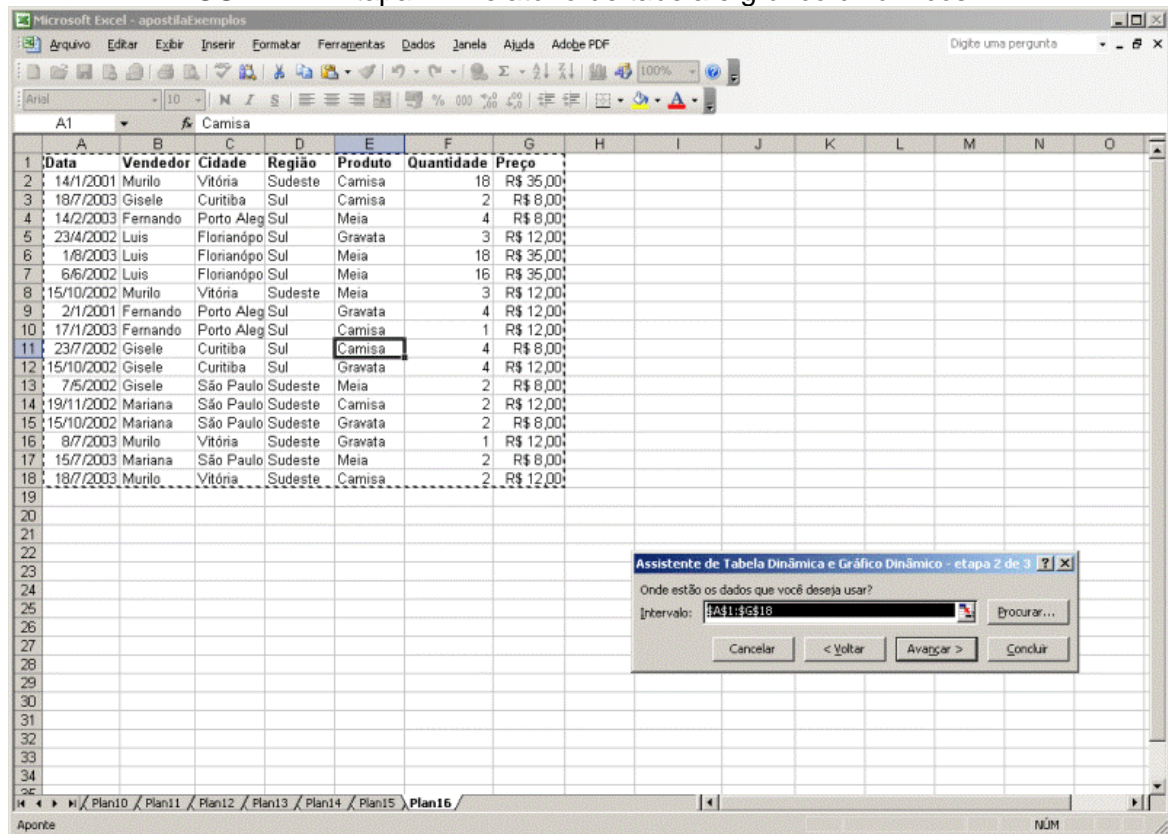
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Data	Vendedor	Cidade	Região	Produto	Quantidade	Preço			
2	14/1/2001	Murilo	Vitória	Sudeste	Camisa	18	R\$ 35,00			
3	18/7/2003	Gisele	Curitiba	Sul	Camisa	2	R\$ 8,00			
4	14/2/2003	Fernando	Porto Aleg	Sul	Meia	4	R\$ 8,00			
5	23/4/2002	Luis	Florianópo	Sul	Gravata	3	R\$ 12,00			
6	1/8/2003	Luis	Florianópo	Sul	Meia	18	R\$ 35,00			
7	6/6/2002	Luis	Florianópo	Sul	Meia	16	R\$ 35,00			
8	15/10/2002	Murilo	Vitória	Sudeste	Meia	3	R\$ 12,00			
9	2/1/2001	Fernando	Porto Aleg	Sul	Gravata	4	R\$ 12,00			
10	17/1/2003	Fernando	Porto Aleg	Sul	Camisa	1	R\$ 12,00			
11	23/7/2002	Gisele	Curitiba	Sul	Camisa	4	R\$ 8,00			
12	15/10/2002	Gisele	Curitiba	Sul	Gravata	4	R\$ 12,00			
13	7/5/2002	Gisele	São Paulo	Sudeste	Meia	2	R\$ 8,00			
14	19/11/2002	Mariana	São Paulo	Sudeste	Camisa	2	R\$ 12,00			
15	15/10/2002	Mariana	São Paulo	Sudeste	Gravata	2	R\$ 8,00			
16	8/7/2003	Murilo	Vitória	Sudeste	Gravata	1	R\$ 12,00			
17	15/7/2003	Mariana	São Paulo	Sudeste	Meia	2	R\$ 8,00			
18	18/7/2003	Murilo	Vitória	Sudeste	Camisa	2	R\$ 12,00			
19										

Fonte: adaptado de Haddad e Haddad (2004, p. 116).

Nesta planilha, queremos comparar os produtos vendidos por região, por vendedor. Para isto, vamos clicar em qualquer célula da planilha contendo dados e acessar o menu <Dados>, opção <Relatório de tabela e gráfico dinâmicos...>, conforme mostrado na Figura 72:

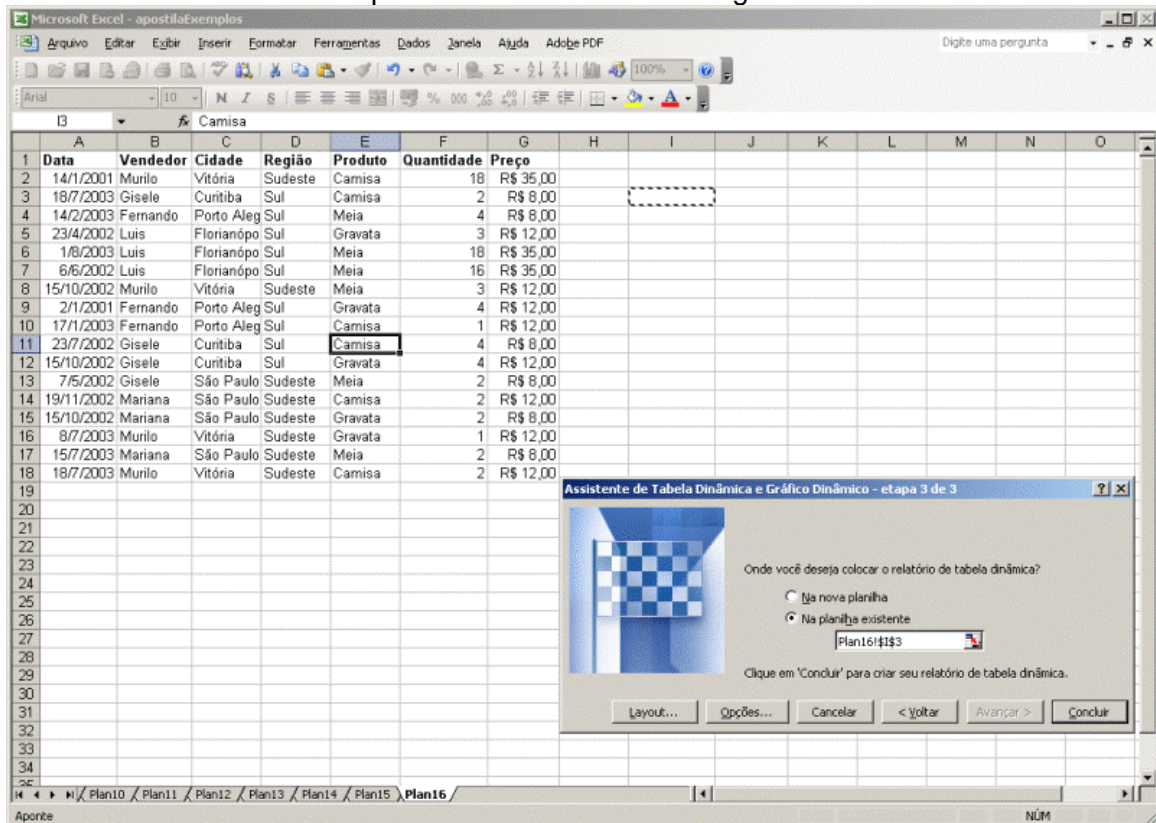
Na etapa 2, do <Assistente de Tabela Dinâmica e Gráfico Dinâmico>, o intervalo da planilha que contém os dados aparece na caixa <Intervalo>. Basta clicar no botão <Avançar>:

FIGURA 74: Etapa 2 <Relatório de tabela e gráfico dinâmicos...>



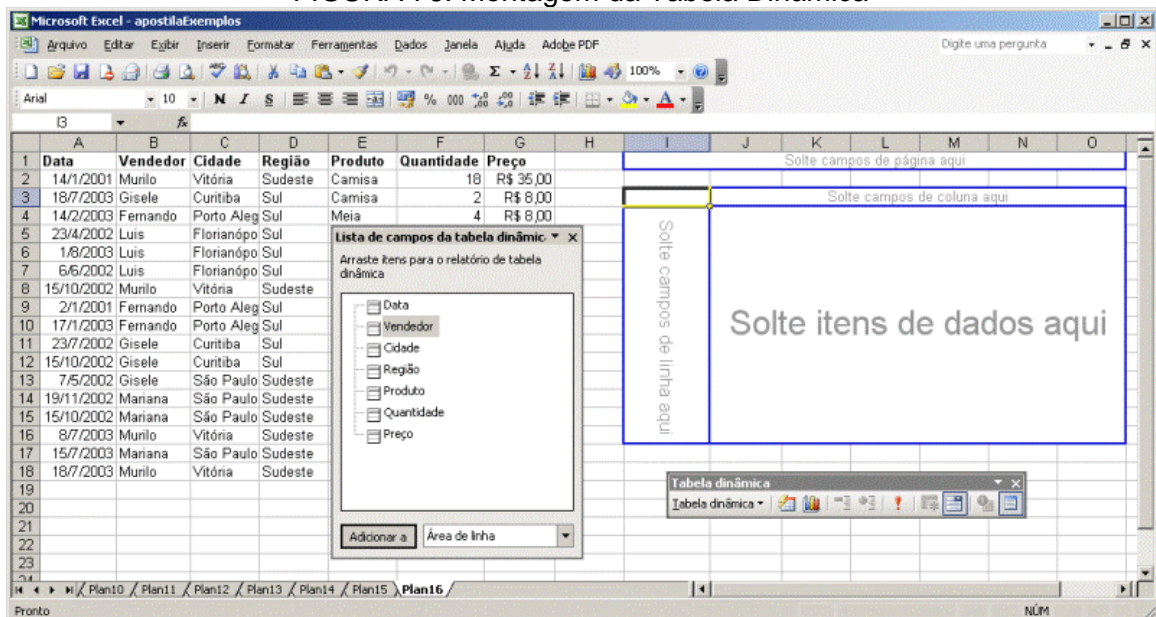
Na etapa 2, do <Assistente de Tabela Dinâmica e Gráfico Dinâmico>, vamos clicar na opção <Na planilha existente>, selecionar a célula I3 e clicar no botão <Concluir>:

FIGURA 75: Etapa 3 <Relatório de tabela e gráfico dinâmicos...>



Após ter clicado em <Concluir> a ferramenta mostra uma <Lista de campos da tabela dinâmica>, contendo todos os rótulos de dados da planilha (células A1:G1), bem como uma área, delimitada por bordas na cor azul, onde a tabela dinâmica será apresentada, conforme a Figura 76, a seguir:

FIGURA 76: Montagem da Tabela Dinâmica



Vamos arrastar os seguintes campos da caixa <Lista de campos da tabela dinâmica>:

- Campo <Vendedor> para a célula I1, onde está escrito <Solte campos de página aqui>.
- Campo <Produto> para a célula I4, onde está escrito <Solte campos de linha aqui>.
- Campo <Região> para a célula J3, onde está escrito <Solte campos de coluna aqui>.
- Campo <Quantidade> para a célula J4, onde está escrito <Solte itens de dados aqui>.

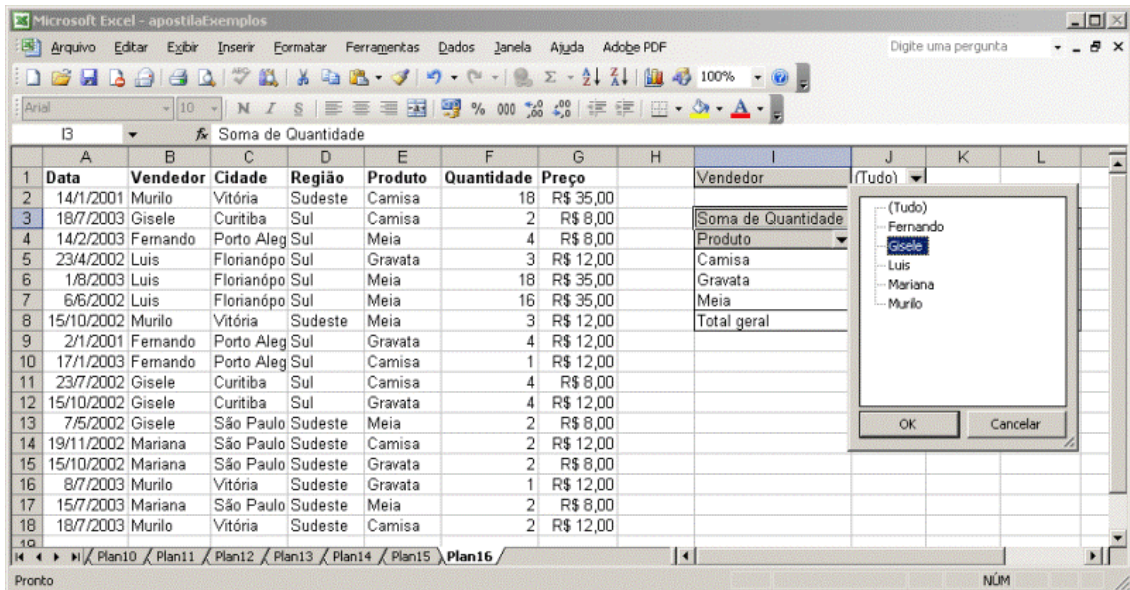
Feito isto, feche as caixas <Lista de campos da tabela dinâmica> e <Tabela dinâmica>. O resultado é mostrado na Figura 77:

FIGURA 77: Tabela Dinâmica

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
	Data	Vendedor	Cidade	Região	Produto	Quantidade	Preço		Vendedor	(Tudo)		
1												
2	14/1/2001	Murilo	Vitória	Sudeste	Camisa	18	R\$ 35,00					
3	18/7/2003	Gisele	Curitiba	Sul	Camisa	2	R\$ 8,00		Soma de Quantidade	Região		
4	14/2/2003	Fernando	Porto Aleg	Sul	Meia	4	R\$ 8,00		Produto	Sudeste	Sul	Total geral
5	23/4/2002	Luis	Florianópolis	Sul	Gravata	3	R\$ 12,00		Camisa		7	29
6	1/8/2003	Luis	Florianópolis	Sul	Meia	18	R\$ 35,00		Gravata		3	11
7	6/6/2002	Luis	Florianópolis	Sul	Meia	16	R\$ 35,00		Meia		7	38
8	15/10/2002	Murilo	Vitória	Sudeste	Meia	3	R\$ 12,00		Total geral		32	56
9	2/1/2001	Fernando	Porto Aleg	Sul	Gravata	4	R\$ 12,00					
10	17/1/2003	Fernando	Porto Aleg	Sul	Camisa	1	R\$ 12,00					
11	23/7/2002	Gisele	Curitiba	Sul	Camisa	4	R\$ 8,00					
12	15/10/2002	Gisele	Curitiba	Sul	Gravata	4	R\$ 12,00					
13	7/5/2002	Gisele	São Paulo	Sudeste	Meia	2	R\$ 8,00					
14	19/11/2002	Mariana	São Paulo	Sudeste	Camisa	2	R\$ 12,00					
15	15/10/2002	Mariana	São Paulo	Sudeste	Gravata	2	R\$ 8,00					
16	8/7/2003	Murilo	Vitória	Sudeste	Gravata	1	R\$ 12,00					
17	15/7/2003	Mariana	São Paulo	Sudeste	Meia	2	R\$ 8,00					
18	18/7/2003	Murilo	Vitória	Sudeste	Camisa	2	R\$ 12,00					

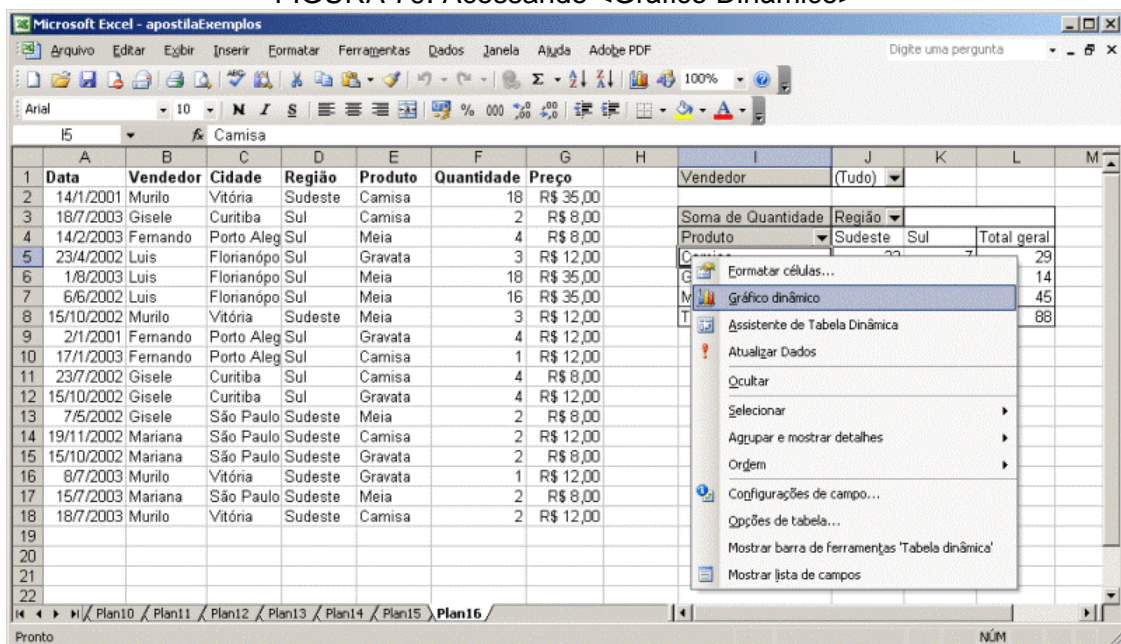
A Figura 77 mostra o cruzamento de todos os dados (“Vendedor”, “Produto” e “Região”). Caso você desejar obter os dados somente do vendedor “Gisele”, por exemplo, basta clicar na seta da célula J1 e selecionar este vendedor e clicar no botão <Ok>, conforme mostrado a seguir:

FIGURA 78: Selecionando vendedor



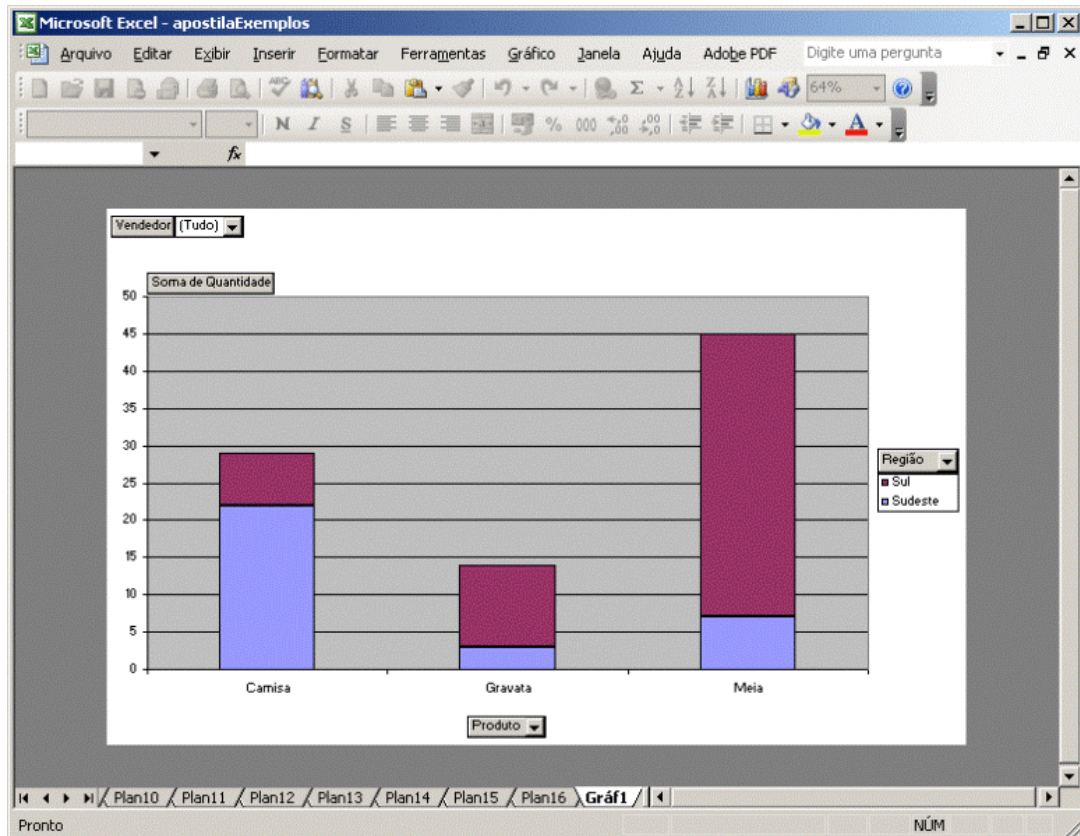
A mesma operação pode ser feita com “Produtos” e “Região”. Além disso, é possível gerar um gráfico a partir dos dados selecionados para fazer parte da <Tabela Dinâmica>. Para isto, basta clicar com o botão direito em qualquer célula da <Tabela Dinâmica> e selecionar a opção <Gráfico Dinâmico>, conforme mostrado a seguir:

FIGURA 79: Acessando <Gráfico Dinâmico>



Automaticamente é criada uma nova planilha <Gráf1> com os valores apresentados na forma gráfica, conforme Figura 80:

FIGURA 80: Gráfico Dinâmico



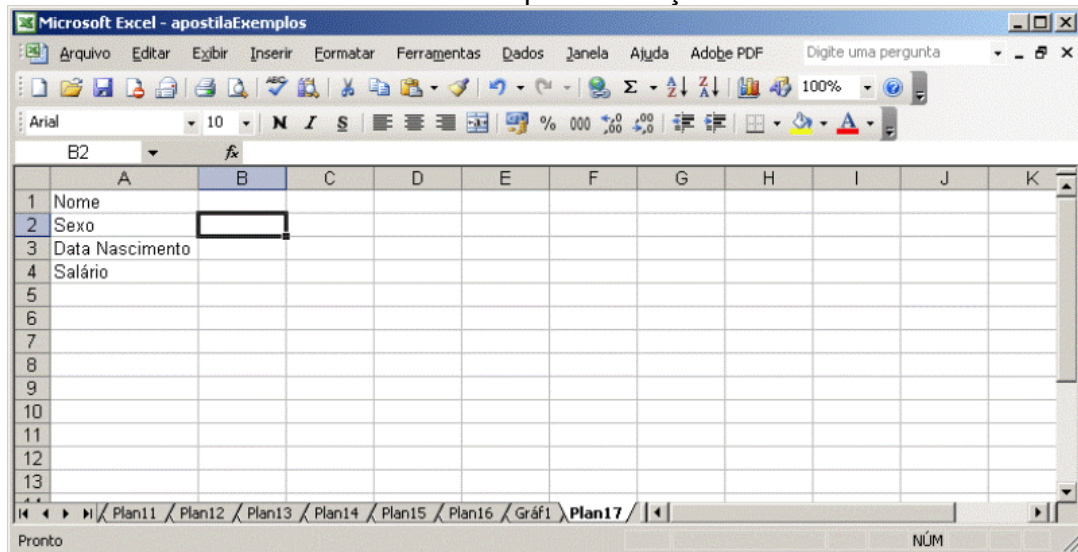
Da mesma forma que na <Tabela Dinâmica>, basta selecionar os dados a serem exibidos, clicando nas setas ao lado dos campos “Vendedor”, “Região” ou “Produto”.

7.4 Validação

Ainda que não seja utilizado diretamente no processo de tomada de decisão, o recurso de <Validação> pode tornar suas planilhas mais profissionalizadas, diminuindo a possibilidade de entrada errada de dados.

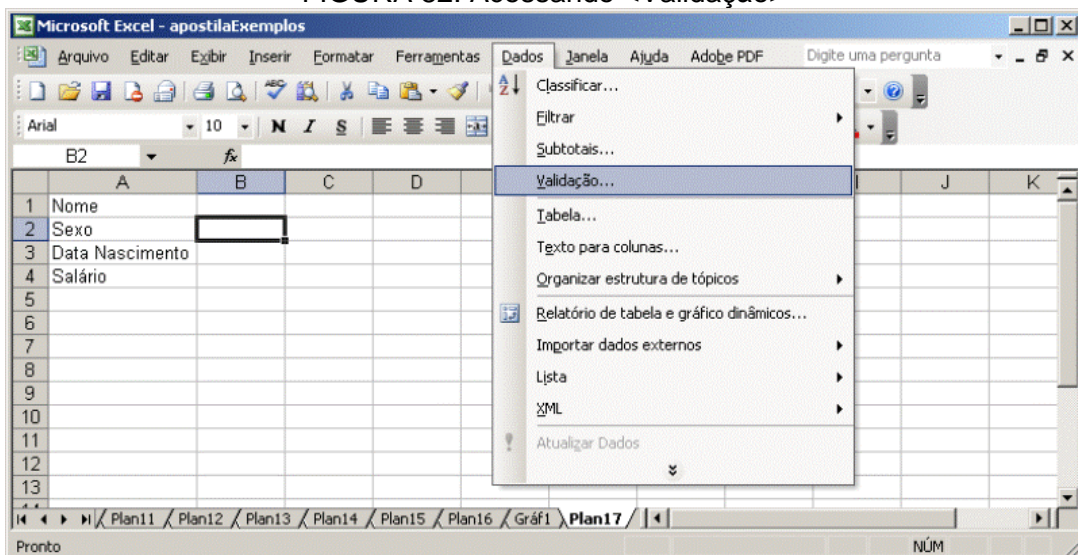
O exemplo de <Validação> é muito simples. Crie uma nova planilha conforme mostrado na Figura 81, a seguir:

FIGURA 81: Planilha para validação de dados



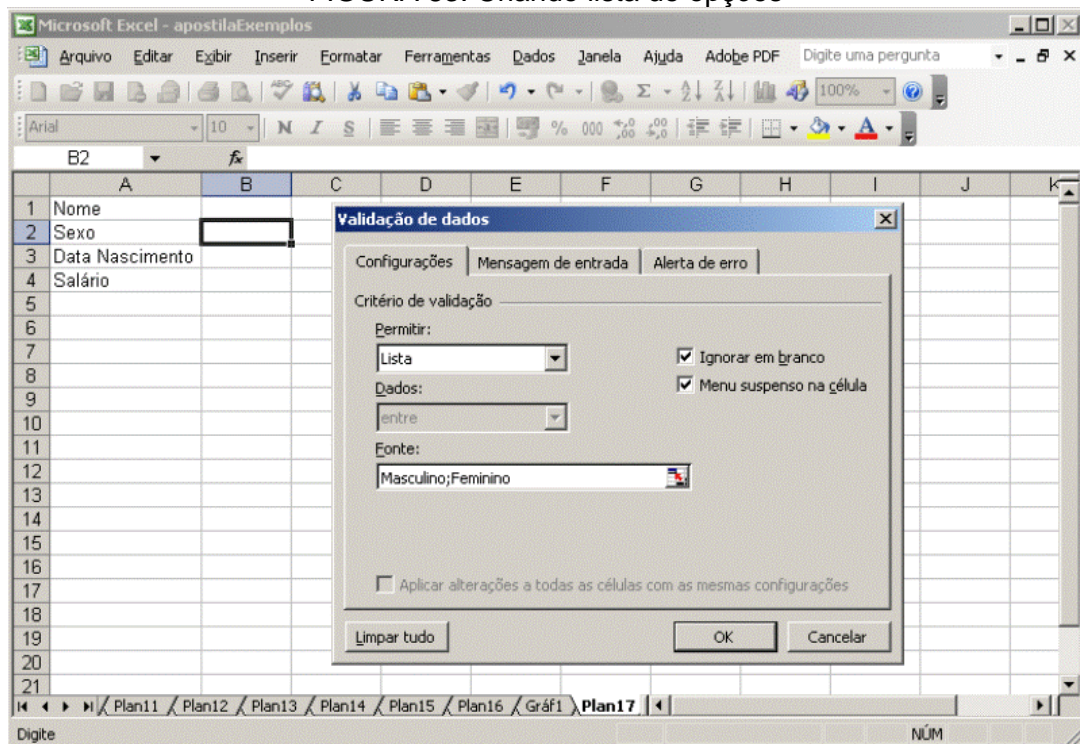
Acesse o menu <Dados>, opção <Validação...>:

FIGURA 82: Acessando <Validação>



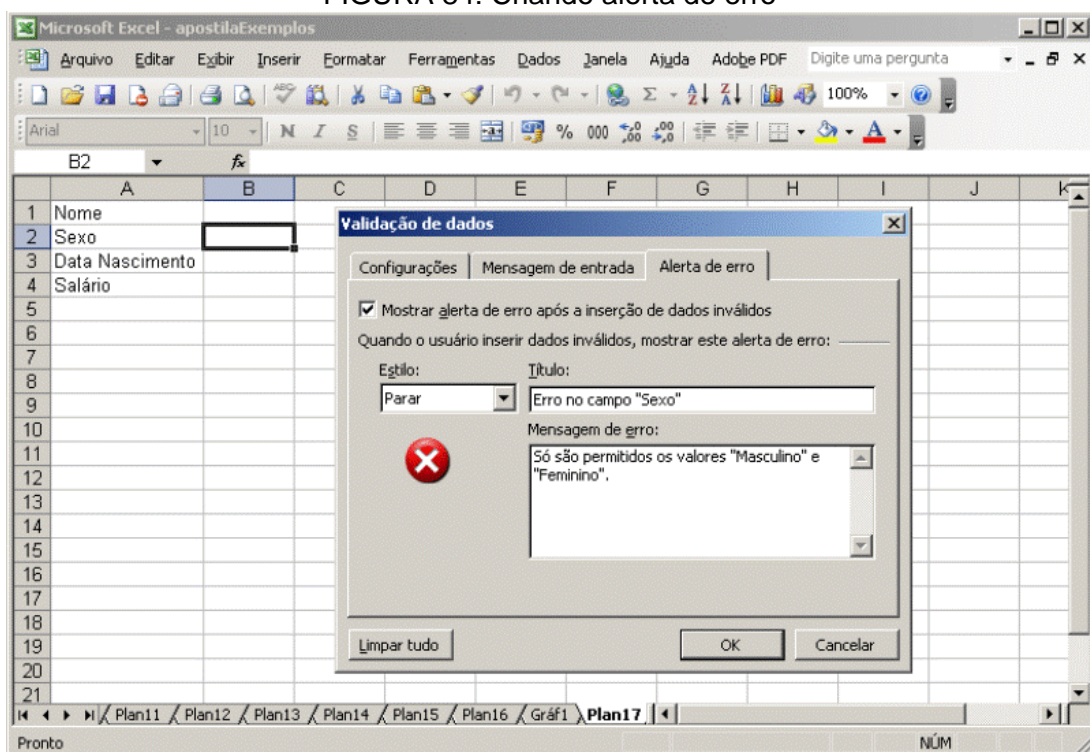
Para o campo “Sexo” (célula B2), vamos validá-lo de forma que quem for preenchê-lo só poderá escolher valores “Masculino” e “Feminino” de uma lista. Desta forma, na guia <Configurações>, na opção <Permitir>, selecione <Lista>, e no campo <Fonte>, digite <Masculino; Feminino> conforme mostrado na Figura 83:

FIGURA 83: Criando lista de opções



Caso, ao ter sido digitado um valor errado e quisermos apresentar um alerta de erro, basta clicar na guia <Alerta de erro>, informar um título para o erro (no campo <Título>) e uma mensagem explanatória sobre o erro (no campo <Mensagem de erro>). Tendo efetuado estas parametrizações, basta clicar no botão <Ok>:

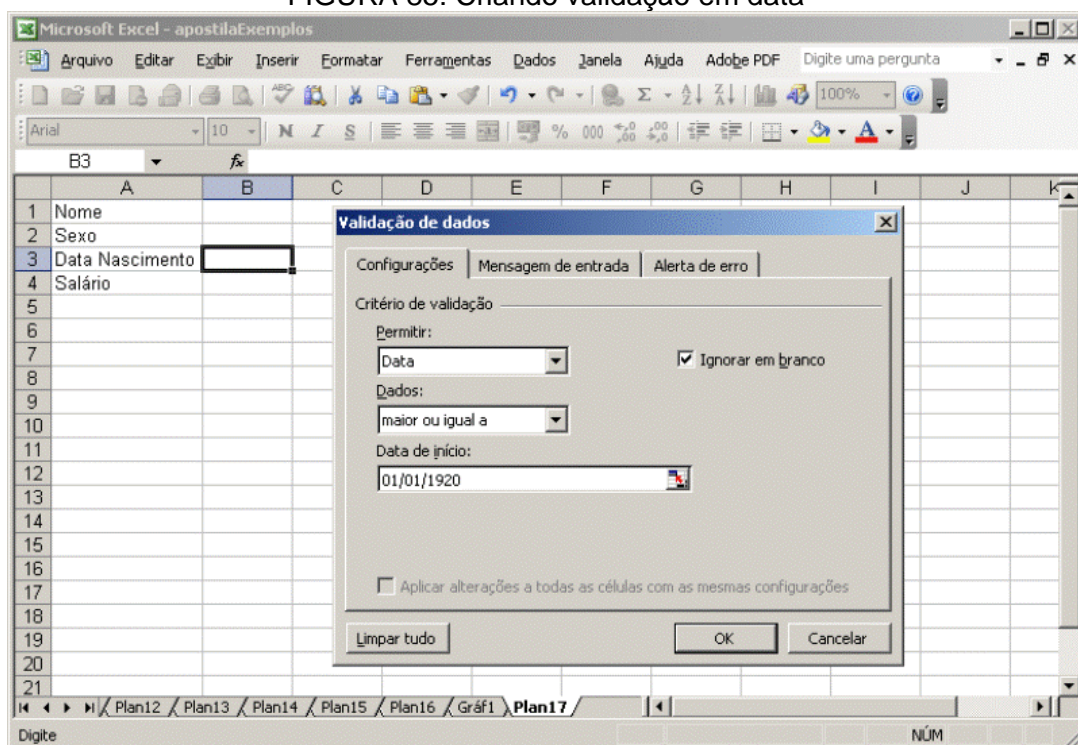
FIGURA 84: Criando alerta de erro



A célula B2 irá apresentar uma seta que, uma vez clicada, irá mostrar as opções desejadas. Caso digitarmos um valor diferente, o alerta de erro criado irá surgir na tela, impedindo que passemos adiante enquanto não digitarmos os valores corretos.

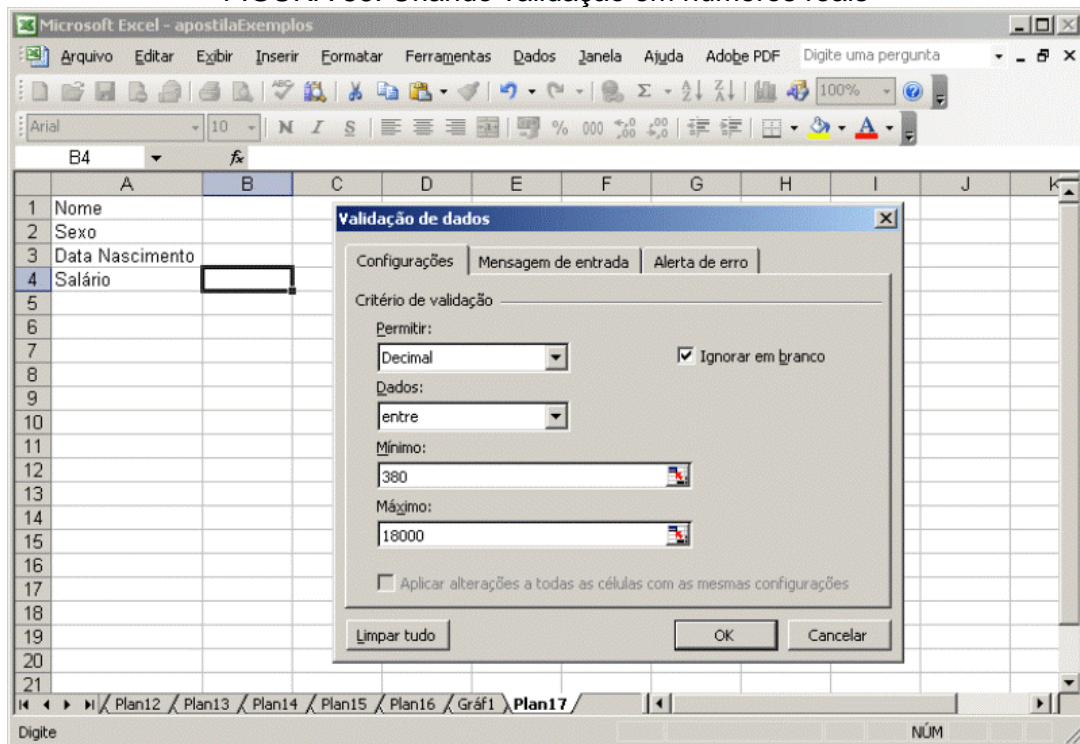
Para o campo “Data Nascimento” (célula B3), vamos validá-lo de forma que só aceite datas maiores ou iguais a “01/01/1920”. Para isto devemos clicar na célula B3, acessar o menu “Dados”, opção <Validação>. Na guia <Configurações> vamos selecionar em <Permitir>, a opção <Data>. Na opção <Dados> selecionaremos <maior ou igual a> e, em <Data de início>, vamos digitar “01/01/1920” e clicar no botão <Ok>, conforme mostrado na Figura 85:

FIGURA 85: Criando validação em data



Da mesma forma que no exemplo anterior, se desejarmos, podemos criar alerta de erro. Vamos agora, validar o campo “Salário”, de forma que não sejam permitidos valores menores que R\$ 380,00 e maiores que R\$ 18.000,00. O primeiro passo é clicar na célula B4 e acessar o menu “Dados”, opção <Validação>. Na guia <Configurações> vamos selecionar em <Permitir>, a opção <Decimal>. No campo <Valor mínimo> vamos digitar “380” e no campo <Valor máximo>, “18000” e clicar no botão <Ok>, conforme mostrado na Figura 86:

FIGURA 86: Criando validação em números reais



Também é possível criar alerta de erro para esta validação.

REFERÊNCIAS

BORGHI, C.; SHITSUKA, R. **Aplicações práticas com Microsoft Excel 2003 e Solver**. São Paulo: Érica, 2005.

CINTO, A. F.; GÓES, W. M. **Excel avançado**. São Paulo: Novatec, 2006.

HADDAD, R.; HADDAD, P. **Crie planilhas inteligentes com o Microsoft Excel 2003 avançado**. São Paulo: Érica, 2004.

MAKRIDAKIS, S.; WHEELWRIGHT, S. C.; HYNDMAN, R. J. **Forecasting: methods and applications**. 3. ed. New York: John Wiley & Sons, 1998.

MANZANO, A. L.N.G. **Microsoft Excel 2003: práticas gerenciais**. São Paulo: Érica, 2006.

PRADO, D. **Programação linear**. Belo Horizonte: EDG, 1999.

TUBINO, D. F. **Manual de planejamento e controle da produção**. São Paulo: Atlas, 2000.