

## **4.2 Aplicação do modelo**

Com o modelo já desenvolvido, passou-se à etapa de aplicação do mesmo. Como já foi mencionado anteriormente, esta etapa consistiu em avaliar os procedimentos empregados no desenvolvimento dos módulos de cálculo do modelo (“Balanço hídrico climatológico”, “Fonte de energia”, “Análise estatística dos dados amostrados” e “Custo de produção com análise de risco”) e analisar a viabilidade da cafeicultura irrigada sob condição de risco econômico. As informações utilizadas para processar as avaliações e análises de aplicação são das Fazendas Faria e Macaubas. Os dados estão apresentados no Item 3.4 do capítulo Material e Métodos, e no Anexo.

Nas análises de risco econômico, não houve a preocupação de comparar economicamente a cafeicultura irrigada nas duas propriedades, muito embora seja possível a realização de uma análise deste tipo no modelo, para propriedades possuindo características semelhantes. A intenção principal consistiu em apresentar os resultados possíveis de serem obtidos para cada propriedade, através de análises nos diferentes módulos existentes no modelo. Por este motivo, procurou-se utilizar propriedades com tamanho e sistema de irrigação representativos das duas regiões.

### **4.2.1 Avaliação do módulo “Balanço hídrico climatológico decendial”**

#### **4.2.1.1 Considerações quanto a evapotranspiração das duas regiões**

A Tabela 22 e a Figura 33 apresentam os valores decendiais médios (mm/decêndio) verificados para região de Lavras e extrapolados de Uberlândia para região de Araguari. Em média a região de Lavras apresenta uma evapotranspiração de referência anual de 1.001,9mm e a região de Araguari de 1.114,8mm. Para cada trimestre do ano, em média, os decêndios da região de Araguari apresentaram valores de evapotranspiração de referência 5,2 , 1,7 , 1,4 e 4,0mm/decêndio, respectivamente, maiores do que na região de Lavras. O desvio padrão das diferenças entre os valores de evapotranspiração de referência ( $ET_o$ ) das duas regiões, foram de 3,9 , 2,3 , 1,3 e 3,0mm/decêndio, respectivamente, para cada trimestre do ano.

Tabela 22. Parâmetros estatísticos da evapotranspiração de referência ( $ET_o$ , mm/decêndio) nas regiões de Lavras e Araguari, MG.

Decêndios	Evapotranspiração de referência ( $ET_o$ ) em mm/decêndio									
	Região de Lavras (Fazenda Faria)					Região de Araguari (Fazenda Macaubas)				
	Menor	Maior	Modal	Média	Desvio Padrão	Menor	Maior	Modal	Média	Desvio Padrão
1	23,6	36,3	34,5	30,2	5,0	32,9	39,6	37,9	37,0	2,77
2	22,3	48,9	41,3	35,2	9,4	32,8	45,8	36,1	38,0	4,97
3	20,3	45,3	38,1	31,9	8,4	36,6	45,0	40,8	40,2	3,00
4	10,6	41,9	41,9	25,8	11,4	27,5	39,3	30,5	33,2	4,51
5	15,3	44,7	32,1	28,4	9,1	28,1	40,1	37,1	33,8	4,63
6	24,9	48,2	34,9	36,6	6,8	29,0	36,2	36,2	32,7	2,97
7	17,9	42,5	24,9	29,0	6,9	28,5	39,5	39,5	34,2	3,64
8	22,8	52,8	22,8	29,1	8,6	32,2	37,6	34,9	35,3	1,47
9	17,4	35,0	24,9	26,0	5,3	29,5	40,8	35,2	34,8	3,97
10	16,5	36,3	27,8	27,4	5,2	27,7	38,4	30,4	32,5	3,70
11	22,2	34,6	32,8	28,0	4,1	24,8	32,0	30,2	29,0	2,30
12	17,4	30,1	28,3	24,7	4,7	25,0	30,5	29,2	28,3	2,00
13	14,0	27,5	23,6	21,2	4,1	23,1	28,2	28,2	25,7	1,80
14	14,9	27,3	27,3	20,6	4,2	19,3	27,7	20,8	22,3	3,30
15	13,8	25,3	22,0	19,5	3,6	18,2	27,4	20,6	21,0	3,30
16	14,1	35,2	20,1	19,6	5,9	7,5	23,4	23,4	18,6	3,40
17	11,8	27,8	16,4	18,5	4,3	14,9	18,9	18,9	17,7	1,60
18	11,6	22,0	17,6	17,3	3,0	14,0	21,1	15,8	17,2	2,70
19	12,9	24,0	19,3	17,5	3,2	17,3	22,1	20,9	19,7	2,10
20	14,2	25,9	15,9	18,9	3,7	14,9	22,6	18,8	19,0	2,80
21	16,4	23,9	23,9	19,9	2,8	16,9	22,4	21,1	19,8	2,20
22	18,5	30,2	21,9	22,1	3,3	18,0	31,4	21,3	23,5	4,90
23	19,0	35,1	23,6	24,7	4,8	19,4	30,6	22,2	24,4	4,10
24	19,0	30,0	20,6	22,9	3,5	24,1	30,7	25,8	26,4	2,50
25	16,7	36,2	25,0	27,5	5,8	24,9	34,7	34,7	29,7	4,30
26	22,0	41,2	24,8	28,7	6,1	22,0	38,1	38,1	29,9	6,70
27	20,5	36,8	32,1	29,0	4,9	25,8	38,6	29,0	31,9	4,50
28	24,9	41,5	27,2	30,1	5,5	28,6	43,0	39,4	36,7	5,50
29	20,2	43,0	33,2	31,5	6,9	31,9	44,4	44,4	38,6	4,90
30	28,1	45,8	33,2	34,4	6,0	34,0	42,4	38,2	37,6	3,00
31	24,1	39,1	34,8	31,9	4,5	29,6	44,4	40,7	37,9	4,30
32	27,8	56,3	27,8	36,6	9,2	34,5	48,0	37,8	39,3	4,40
33	23,2	54,6	50,2	39,0	11,3	29,6	40,8	40,8	36,3	3,70
34	24,3	52,2	52,2	34,8	9,7	32,7	44,7	41,7	38,3	4,20
35	27,2	45,6	40,3	37,0	6,3	35,4	42,3	38,8	38,6	2,40
36	22,5	47,5	26,1	31,9	8,2	29,5	40,8	40,8	37,9	3,90
37	10,2	19,5	19,5	14,5	3,8	15,8	20,4	18,1	17,8	1,60
<b>Soma</b>	<b>703,1</b>	<b>1390,1</b>	<b>1062,9</b>	<b>1001,9</b>	<b>219,5</b>	<b>936,5</b>	<b>1293,9</b>	<b>1158,3</b>	<b>1114,8</b>	<b>128,03</b>

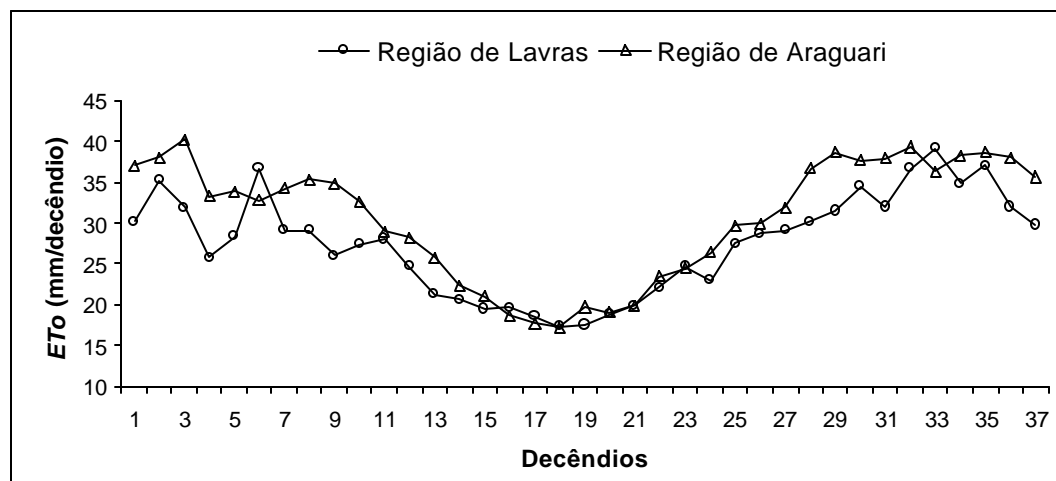


Figura 33 – Valores decendiais médios da evapotranspiração de referência ( $ET_o$ , mm/decêndio) para as regiões de Lavras e Araguari, MG.

Os valores de evapotranspiração de referência ( $ET_o$ ) da região de Lavras são mais representativos, pois são provenientes de medidas, enquanto que os da região de Araguari foram obtidos de estimativas com o método de Thornthwaite. Além disso, a série de evapotranspiração de referência da região de Lavras é constituída de 13 anos, enquanto a série de temperaturas diárias da região de Araguari variam de 6 a 8 anos. Assis (1996, p.23), considera que “em climatologia, aceita-se como razoável, uma amostra de dados com, no mínimo, 30 elementos, ou seja, 30 anos de observação”.

#### 4.2.1.2 Considerações quanto a precipitação provável nas duas regiões

Os valores decendiais de precipitação provável (mm/decêndio) a 75% de probabilidade, encontrados para as duas regiões são apresentados na Tabela 23 e Figura 34. Em média a região de Lavras apresenta uma precipitação anual de 1441mm e a região de Araguari de 1.588mm. Para os três primeiros trimestres do ano, em média, os decêndios da região de Araguari apresentaram valores de precipitação provável 20,6 , 2,3 e 0,1mm/decêndio maiores do que na região de Lavras. No quarto trimestre, a região de Lavras apresentou, em média, valores de precipitação provável 0,2mm/decêndio maiores do que a região de Araguari. O desvio padrão das diferenças entre os valores de

precipitação provável das duas regiões, foram de: 18,9 , 4,5 , 0,3 e 12,4mm/decêndio, respectivamente, para cada trimestres do ano.

Tabela 23. Valores decendiais (mm/decêndio) de precipitação provável a 75% de probabilidade nas regiões de Lavras e Araguari, MG.

Precipitação provável a 75% de probabilidade (mm/decêndio)								
Decêndio	Lavras*	Araguari	Decêndio	Lavras*	Araguari	Decêndio	Lavras*	Araguari
1	42,0	82,0	14	0,0	5,5	27	1,0	1,9
2	24,0	57,4	15	0,0	0,0	28	3,0	4,9
3	21,0	53,8	16	0,0	0,0	29	10,0	16,1
4	19,0	41,0	17	0,0	0,0	30	17,0	12,6
5	27,0	26,0	18	0,0	0,0	31	20,0	16,2
6	19,0	33,4	19	0,0	0,0	32	30,0	25,3
7	20,0	14,3	20	0,0	0,0	33	35,0	22,4
8	18,0	21,2	21	0,0	0,0	34	38,0	21,3
9	11,0	57,3	22	0,0	0,0	35	48,0	77,1
10	5,0	6,8	23	0,0	0,0	36	64,0	65,0
11	1,0	14,4	24	0,0	0,0	37	26,5	27,6
12	0,0	0,0	25	0,0	0,0	—	—	—
13	0,0	0,0	26	0,0	0,0	—	—	—
Somatório dos valores decendiais:							499,5	703,5

\* Dados retirados do trabalho de Castro Neto & Silveira (1983)

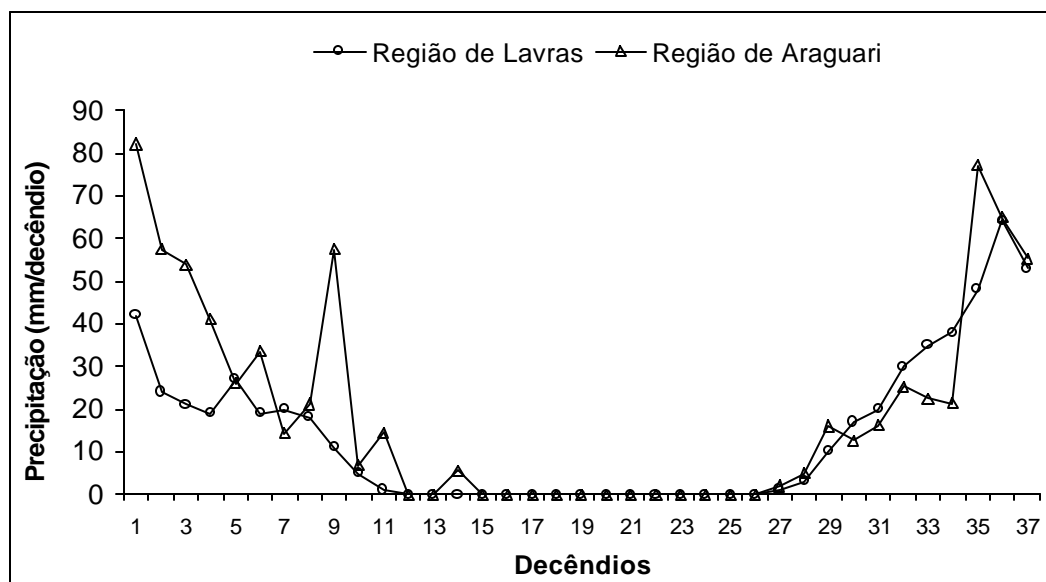


Figura 34 – Valores decendiais de precipitação provável a 75% de probabilidade para as regiões de Lavras e Araguari, MG.

Os valores de precipitação decendial das regiões de Lavras e Araguari ajustaram-se à distribuição de probabilidade gama, a 5% de probabilidade, pelo teste de Kolmogorov-Smirnov. No entanto, mediante as considerações de Assis (1996, p.23) sobre o tamanho mínimo de uma amostra, verifica-se que os valores de precipitação provável obtidos para a região de Lavras a partir de uma série de 67 anos, indiscutivelmente, são mais representativos do que os valores obtidos para a região de Araguari, que resultaram de uma série muito pequena, apenas 6 a 8 anos.

#### **4.2.1.3 Considerações quanto ao número adequado de simulações**

Não só o módulo “Balanço hídrico climatológico”, como também os módulos “Fonte de energia” e “Custo de produção com análise de risco” possuem, em alguns de seus formulários, um campo onde é possível optar pelo número de simulações a serem realizadas. A determinação do número ótimo de simulações, permite maior confiabilidade nos resultados obtidos nas análises e uma economia de tempo para o usuário do modelo. Quanto maior o número de simulações maior é o tempo demandado para realização dos cálculos.

O cenário composto para verificar o número ótimo ou adequado de simulações consistiu-se das seguintes opções:

- variável: evapotranspiração da cultura ( $ET_c$ ), calculada a partir da evapotranspiração de referência ( $ET_o$ ) da região de Lavras;
- ano: cultura adulta (Ano  $X_n$ );
- distribuições de probabilidades: triangular e normal;
- número de análises de simulação: 38, variando de 2 até 10.000 simulações (conforme Figuras 35 e 36), totalizando 109.452 simulações para cada distribuição de probabilidade.

As Figuras 35 e 36, apresentam os valores de alguns parâmetros estatísticos (menor e maior valor, moda e média) da evapotranspiração da cultura ( $ET_c$ , mm/ano) obtidos a partir das 38 análises de simulação realizadas para a distribuição de probabilidade triangular e normal.

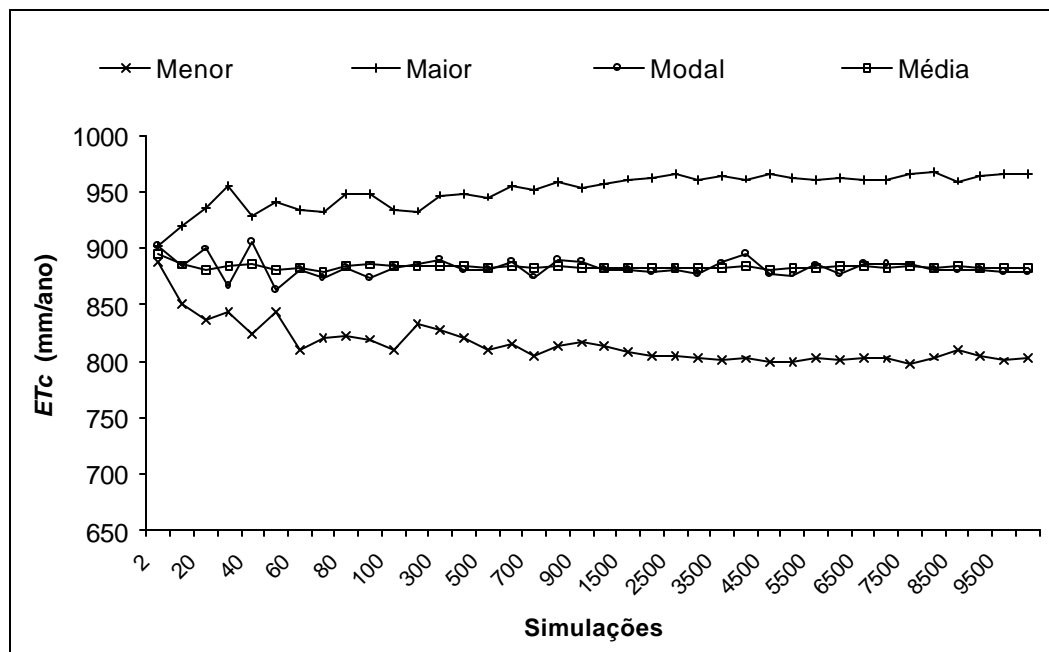


Figura 35 – Parâmetros estatísticos da  $ET_c$  do cafeeiro adulto, simulados com a distribuição de probabilidade triangular, para a região de Lavras, MG.

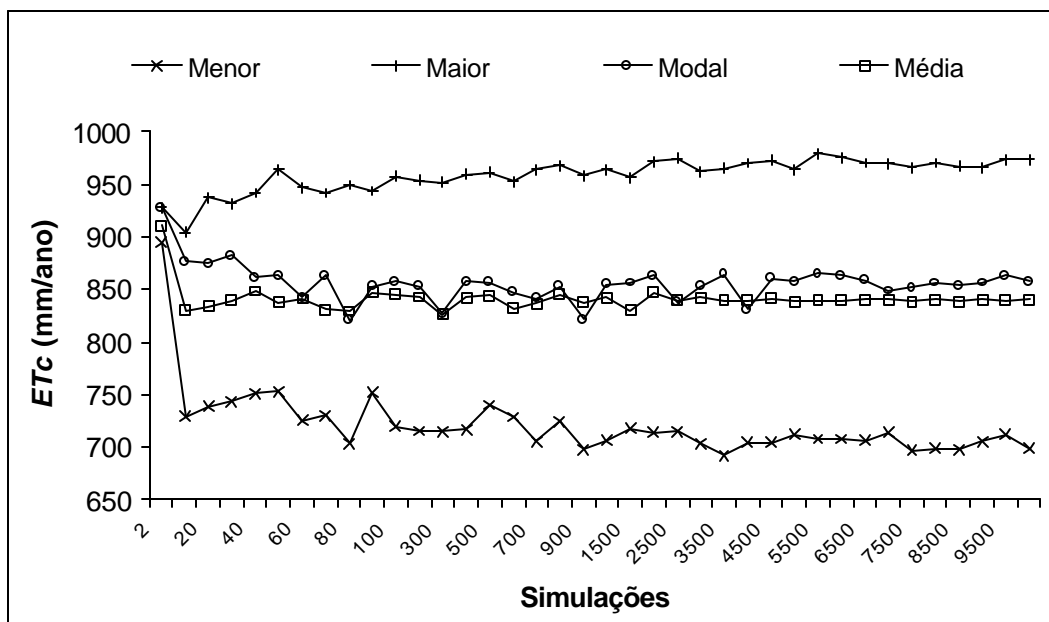


Figura 36 – Parâmetros estatísticos da  $ET_c$  do cafeeiro adulto, simulados com a distribuição de probabilidade normal, para a região de Lavras, MG.

Baseando-se nos parâmetros estatísticos (menor e maior valor) obtidos nas 109.452 simulações realizadas, e na média, das modas e das médias, encontradas nas 38 análises de simulação para cada distribuição de probabilidade, verificou-se que:

- a distribuição triangular, não apresentou diferenças maiores que 2% para os parâmetros estatísticos obtidos a partir de 1.500 simulações. Os desvios padrão das diferenças, obtidos das 18 análises realizadas entre 1.500 a 10.000 simulações ficaram em 0,40%, 0,25%, 0,51%, 0,08%, respectivamente, para o menor e maior valor, moda e média;
- a distribuição normal, não apresentou diferenças maiores que 5% para os parâmetros estatísticos a partir de 1.500 simulações. Os desvios padrão das diferenças, obtidos das 18 análises realizadas entre 1.500 a 10.000 simulações ficaram em 1,06%, 0,56%, 1,06%, 0,37%, respectivamente, para o menor e maior valor, moda e média.
- em relação ao valor obtido com 10.000 simulações, a média mostrou-se como o melhor parâmetro estatístico, não apresentando diferenças maiores que 1% a partir de 10 simulações para a distribuição triangular e 2% a partir de 80 simulações para a distribuição normal.

Logo, é consistente dizer que a partir de 1.500 simulações, é pouco provável que diferenças maiores que 5% venham a ocorrer com os parâmetros estatísticos (menor e maior valor, moda, média e desvio padrão) das variáveis que estão sendo simuladas, com os mesmos dados, em análises diferentes em outros módulos do modelo. É possível afirmar também, para processar as análises no modelo, que se encontra adequado o número de 10.000 simulações utilizado como limite máximo de simulações nos módulos “Balanço hídrico climatológico” e “Fonte de energia” e 1.500 simulações no módulo “Custo de produção com análise de risco”.

No entanto, convém ressaltar que o número de 10.000 e 1.500 simulações encontra-se adequado para a finalidade de planejamento a qual se destina o presente estudo. Do ponto de vista ideal, o número de simulações deveria ser maior que 10.000, para verificar se os desvios existentes entre a média e a moda são decorrentes do número de simulações, ou de uma assimetria da distribuição. Em 48 análises de 10.000 simulações, os desvios médio entre a média e a moda foram de 0,6% e 1,1% para as simulações realizadas a partir da distribuição triangular e normal, respectivamente.

Cenário idêntico ao realizado para as simulações da Evapotranspiração da cultura ( $ET_c$ ) na região de Lavras, também foi realizado para região de Araguari. O desempenho do modelo nas simulações da  $ET_c$  na região foi muito parecido com os resultados obtidos para a região de Lavras. Apenas a grandeza dos valores é alterada. Por este motivo, optou-se por não apresentá-los, pois seria uma repetição de resultados.

#### **4.2.1.4 Valores de evapotranspiração da cultura ( $ET_c$ ), observados e simulados nas duas regiões**

Para uma avaliação das simulações da evapotranspiração da cultura ( $ET_c$ ) do cafeeiro nas duas propriedades analisadas, é importante observar que o modelo considera a entrada de valores de coeficiente de cultivo ( $K_c$ ) para a quantificação da evapotranspiração nos anos de implantação, 1-2, 2-3 e  $X_n$  (cultura adulta). As simulações da evapotranspiração da cultura ( $ET_c$ ) ainda poderão ser realizadas com as distribuições de probabilidade triangular e normal.

A Tabela 24 apresenta os valores observados de evapotranspiração da cultura ( $ET_c$ ) ao longo dos anos de desenvolvimento da cultura. Os valores foram obtidos do somatório de produtos entre a evapotranspiração de referência ( $ET_o$ ), observada em cada decêndio, e o coeficiente de cultivo ( $K_c$ ) da fase de desenvolvimento da cultura. Os valores de coeficientes de cultivo utilizados nas análises são medidos, conforme apresentado no Item 3.4.2.2 do capítulo Material e Métodos.



Tabela 24. Parâmetros estatísticos da evapotranspiração da cultura ( $ET_c$ , mm/dia) observada, nos anos de desenvolvimento do cafeeiro nas regiões de Lavras e Araguari, MG.

Anos de desenvolvimento	Parâmetros estatísticos da evapotranspiração da cultura (mm/ano)									
	Região de Lavras – Fazenda Faria					Região de Araguari – Fazenda Macaubas				
	Menor	Maior	Modal	Média	$\sigma$ *	Menor	Maior	Modal	Média	$\sigma$ *
Implantação	388,7	771,0	592,5	555,6	23,2	523,0	718,6	644,9	620,5	31,1
Ano 1-2	478,3	948,9	729,3	683,8	28,6	643,7	884,4	793,7	763,7	38,2
Ano 2-3	538,1	1067,5	820,4	769,3	32,1	724,2	995,0	892,9	859,2	43,0
Ano $X_n$	597,9	1186,1	911,6	854,7	35,7	804,7	1.105,5	992,1	954,6	47,8

\* Desvio padrão da média da  $ET_c$  (mm/ano) observada

Os parâmetros estatísticos da evapotranspiração da cultura ( $ET_c$ , mm/ano) obtidos nas simulações para as propriedades Faria e Macaubas estão nas Tabelas 25 e 26, e nas Figuras 37 e 38. Os resultados apresentados são provenientes da média de 24 análises de simulação para cada propriedade, sendo 12 análises para a distribuição de probabilidade triangular, e 12 análises para a distribuição normal. Cada análise foi processada com 10.000 simulações. A  $ET_c$  em mm/ano, resultou do somatório das simulações da  $ET_c$  em mm/decêndio.

Tabela 25. Parâmetros estatísticos dos valores de evapotranspiração da cultura ( $ET_c$ , mm/ano), simulados a partir da distribuição de probabilidade triangular e normal para a região de Lavras, MG.

Anos de desenvolvimento	Parâmetros estatístico da $ET_c$ (mm/ano) na região de Lavras – Fazenda Faria									
	Distribuição de probabilidade triangular					Distribuição de probabilidade normal				
	Menor	Maior	Modal	Média	$\sigma$ *	Menor	Maior	Modal	Média	$\sigma$ *
Implantação	520,8	627,4	572,5	574,0	15,5	455,6	629,9	559,6	546,0	30,6
Ano 1-2	641,0	771,3	706,1	706,5	19,0	563,2	776,6	689,6	672,0	37,5
Ano 2-3	720,7	867,2	795,9	794,9	21,5	629,6	875,2	775,0	755,9	42,5
Ano $X_n$	800,6	965,9	883,2	882,9	23,9	701,6	967,9	859,4	839,8	46,4

\* Desvio padrão da média da  $ET_c$  em 10.000 simulações realizadas

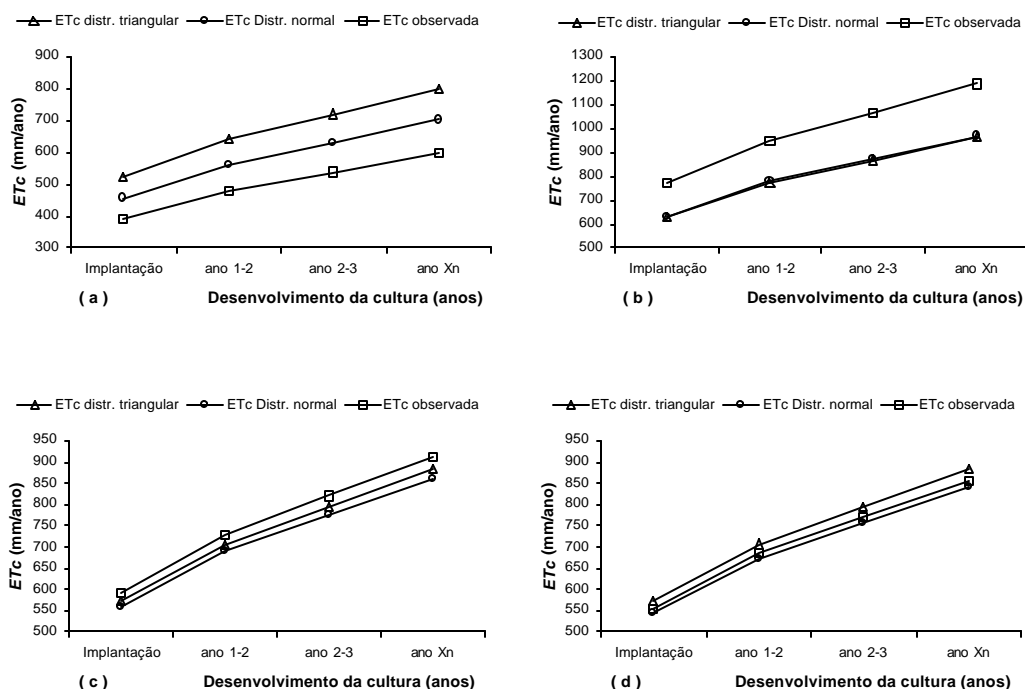


Figura 37 – Menor valor (a), maior valor (b), moda (c) e média (d) da evapotranspiração da cultura ( $ET_c$ ), observada e simulada pela distribuição de probabilidade triangular e normal, nos anos de desenvolvimento do cafeeiro na região de Lavras, MG.

Em relação aos valores de evapotranspiração da cultura ( $ET_c$ ) observados na região de Lavras, os melhores resultados obtidos nas simulações foram para a média da  $ET_c$ . A distribuição triangular superestimou os valores em 3,3%, e a distribuição normal subestimou os valores em 1,7%. O valor modal da  $ET_c$  foi subestimado em 3,2% pela distribuição triangular, e 5,6% pela distribuição normal. Os parâmetros de tendência que se mostraram mais discrepantes foram o menor e maior valor da  $ET_c$ . Os menores valores da  $ET_c$  foram superestimado em 34% pela distribuição triangular e 17,3% pela distribuição normal. Os maiores valores da  $ET_c$  foram subestimados 18,7% e 18,2%, respectivamente, pela distribuição triangular e normal.

Tabela 26. Parâmetros estatísticos da evapotranspiração da cultura ( $ET_c$ , mm/ano), simulados a partir da distribuição de probabilidade triangular e normal para a região de Araguari, MG.

Anos de desenvolvimento	Parâmetros estatísticos da $ET_c$ (mm/ano) na região de Araguari – Fazenda Macaubas									
	Distribuição de probabilidade triangular					Distribuição de probabilidade normal				
	Menor	Maior	Modal	Média	$\sigma$ *	Menor	Maior	Modal	Média	$\sigma$ *
Implantação	589,7	644,4	618,1	617,6	7,7	560,4	655,6	613,1	609,5	17,2
Ano 1-2	725,7	792,7	759,8	760,1	9,5	689,4	805,7	757,8	750,2	21,4
Ano 2-3	816,0	891,9	855,9	855,2	10,7	774,3	907,2	847,8	844,1	23,5
Ano $X_n$	907,3	990,4	951,8	950,2	11,9	859,5	1008,0	945,6	937,7	26,2

\* Desvio padrão da média da  $ET_c$  em 10.000 simulações realizadas

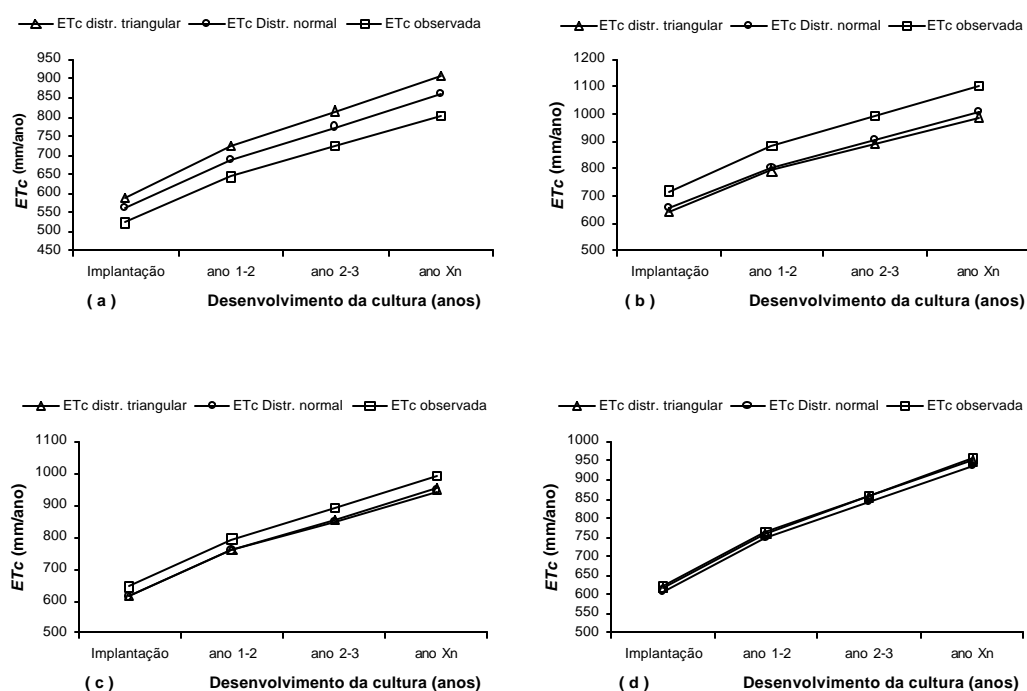


Figura 38 – Menor valor (a), maior valor (b), moda (c) e média (d) da evapotranspiração da cultura ( $ET_c$ ), observada e simulada pela distribuição de probabilidade triangular e normal, nos anos de desenvolvimento do cafeeiro na região de Araguari, MG.

Os melhores resultados obtidos nas simulações para a região de Araguari também foram para a média da  $ET_c$ , onde a distribuição triangular e normal subestimaram, em média, 0,5% e 1,8%, respectivamente, os valores de  $ET_c$  observados. O valor modal da  $ET_c$  foi subestimado em 4,2% pela distribuição triangular e 4,8% pela distribuição normal. Os parâmetros estatísticos que se mostraram mais discrepantes também foram o menor e o maior valor da  $ET_c$ . O menor valor da  $ET_c$  foi superestimado em 12,7% pela distribuição triangular e 7,0% pela distribuição normal. O maior valor da  $ET_c$  foi subestimado em 10,4% pela distribuição triangular, e 8,8% pela distribuição normal.

A maior discrepância entre os valores observados e simulados para o menor e maior valor da  $ET_c$  em Lavras e Araguari, é algo esperado em análises de simulação. Considerando a distribuição de probabilidade triangular, por exemplo, para que o menor valor da  $ET_c$  (mm/ano) simulado no balanço hídrico coincidissem com o menor valor observado (mm/ano), seria necessário uma simulação que gerasse 37 números aleatórios com valor zero, respectivos à cada decêndio do mesmo ano. O mesmo se verifica para a simulação do maior valor da  $ET_c$ , que para se igualar ao maior valor observado, necessitaria de uma simulação que gerasse 37 números aleatórios com valor 1, correspondentes à cada decêndio do mesmo ano.

Os resultados apresentados para as duas regiões nas Tabelas 24 a 26 e Figuras 37 e 38, permitem verificar que tanto a distribuição de probabilidade triangular com a normal podem ser utilizados com eficiência nas simulações da evapotranspiração da cultura do cafeeiro ( $ET_c$ ). No entanto, devido aos resultados alcançados pelo menor e maior valor da  $ET_c$  simulada a partir da distribuição triangular, é possível afirmar que a distribuição de probabilidade normal é mais adequada para realização das simulações nas propriedades Faria e Macaubas, e será a distribuição utilizada para discutir os próximos itens do módulo “Balanço hídrico climatológico decendial”.

#### **4.2.1.5 Valores de irrigação, evapotranspiração real, deficiência e excedente hídrico simulados para as duas propriedades**

A partir desse item, é importante observar que foram empregados seis formas de manejo para avaliação da irrigação e do déficit hídrico ao longo dos anos de desenvolvimento do cafeeiro, conforme pode ser verificado no Item 3.4.2.4 do capítulo Material e Métodos. Os manejos de irrigação utilizados foram combinados com as duas funções que estimam, no modelo, o armazenamento de água no solo: função exponencial de Thornthwaite & Mather (1955) e linear-exponencial de Rijtema & Aboukhaled (1975).

As propriedades físico-hídricas do latossolo vermelho-amarelo existente nas duas propriedades foram consideradas iguais, apresentando uma capacidade de água disponível (*CAD*) de 39,9mm na implantação, 58,3mm no ano 1-2, 75,2mm no ano 2-3 e 92,1mm no ano *Xn* (cultura adulta). Os valores de água disponível no solo (*AD*), foram calculados conforme a Equação 05 e os valores de fração de água disponível no solo (*p*), contidos na Tabela 17.

Os resultados apresentados nas tabelas e figuras a seguir, referem-se às análises de simulações da evapotranspiração de referência (*ET<sub>o</sub>*) com a distribuição de probabilidade normal, processadas com 10.000 simulações.

##### **a) Irrigação**

As Tabelas 27 e 28 apresentam, respectivamente, para as propriedades Faria e Macaubas, os valores médios de irrigação (mm/ano) nos anos de desenvolvimento do cafeeiro. Os valores de irrigação presentes nas referidas tabelas levam em consideração que toda a área cultivada está sendo molhada e foram obtidos a partir de simulações combinando os manejos de irrigação 1 a 6 com as duas funções de estimativa do armazenamento de água no solo. As Figuras 39 e 40 apresentam apenas os valores médios de irrigação do ano *Xn* (cultura adulta), obtidos com a aplicação das duas funções de armazenamento de água no solo.

Tabela 27. Valores médios de irrigação (mm/ano) nos anos de desenvolvimento do cafeeiro, a partir da função exponencial (exp) e linear-exponencial (lin-exp), para a propriedade Faria, situada em Lavras, MG.

Manejo da irrigação	Valores médios de irrigação (mm/ano) para o cafeeiro na propriedade Faria							
	Implantação		Ano 1-2		Ano 2-3		Ano $Xn$	
	exp	lin-exp	exp	lin-exp	exp	lin-exp	exp	lin-exp
Manejo 1	134,4	192,8	185,5	263,5	222,2	321,8	260,1	382,4
Manejo 2	119,1	164,6	170,7	235,0	208,6	297,2	247,7	359,6
Manejo 3	120,9	165,5	172,1	235,0	206,4	288,9	241,7	344,9
Manejo 4	118,4	156,4	165,7	211,4	200,0	256,2	233,2	304,1
Manejo 5	97,1	114,4	132,8	156,7	159,3	188,8	185,1	220,1
Manejo 6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

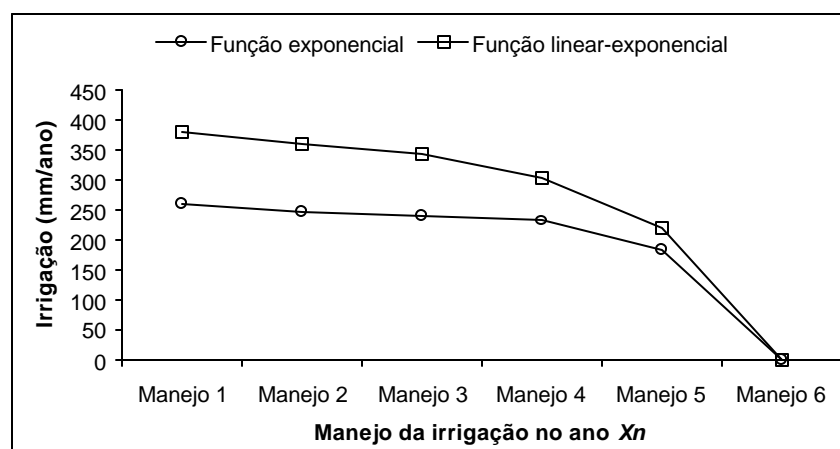


Figura 39 – Valores médios de irrigação (mm/ano) no ano  $Xn$  (cultura adulta) do cafeeiro, a partir da função exponencial e linear-exponencial, para a propriedade Faria, situada em Lavras, MG.

Em relação aos valores de irrigação obtidos a partir da aplicação da função linear-exponencial para a região de Lavras, verificou-se nos anos de desenvolvimento da cultura (implantação, 1-2, 2-3 e  $Xn$ ) que o uso da função exponencial subestimou em média a necessidade de irrigação em 30,7% no manejo 1, 29,0% no manejo 2, 28,0% no manejo 3, 22,8% no manejo 4 e 15,5% no manejo 5.

Considerando-se a aplicação da função linear-exponencial e em relação ao manejo que realiza irrigações suplementares durante todo o ano (manejo 1), a

diferença percentual média das irrigações realizadas nos manejos 2, 3, 4 e 5 ficaram, respectivamente, 9,8%, 11,3%, 19,9% e 41,2% menores. A proximidade entre os valores de irrigações obtidos com os manejos 2 e 3 mostra que os meses de janeiro, fevereiro, novembro e dezembro, em média, interferem muito pouco na lâmina anual de irrigação que se aplica na cultura do cafeeiro na propriedade Faria. Por outro lado, a suspensão das irrigações nos meses de março, abril e maio das análises proporcionou uma diminuição percentual significativa nas irrigações realizadas com os manejos 4 e 5, principalmente no mês de maio.

Tabela 28. Valores médios de irrigação (mm/ano) nos anos de desenvolvimento do cafeeiro, a partir da função exponencial (exp) e linear-exponencial (lin-exp), para a propriedade Macaubas, situada em Araguari, MG.

Manejo da irrigação	Valores médios de irrigação (mm/ano) para o cafeeiro na propriedade Macaubas							
	Implantação		Ano 1-2		Ano 2-3		Ano $Xn$	
	exp	lin-exp	exp	lin-exp	exp	lin-exp	exp	lin-exp
Manejo 1	134,0	172,8	187,5	258,0	216,1	305,1	246,8	328,0
Manejo 2	118,8	137,1	172,0	218,1	208,5	269,7	245,3	295,2
Manejo 3	117,0	147,0	161,1	201,6	191,5	242,6	221,3	284,6
Manejo 4	117,0	147,3	161,1	201,7	191,6	242,6	221,2	284,7
Manejo 5	101,5	120,5	139,0	166,0	165,6	199,2	190,3	229,8
Manejo 6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

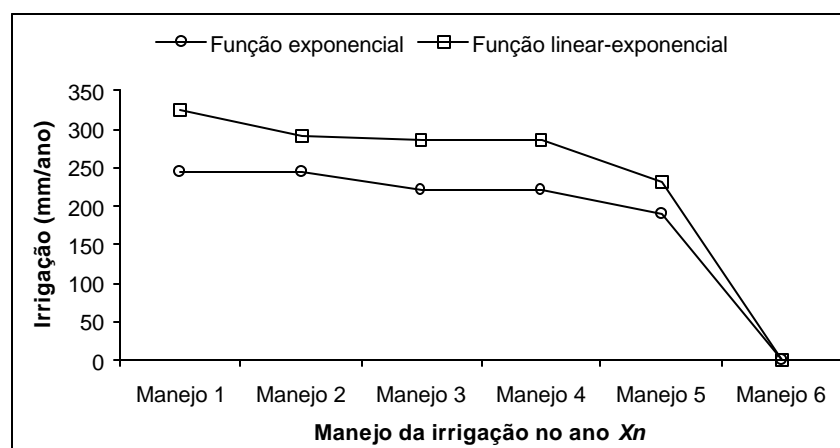


Figura 40 – Valores médios de irrigação (mm/ano) no ano  $Xn$  (cultura adulta) do cafeeiro, a partir da função exponencial e linear-exponencial, para a propriedade Macaubas, situada em Araguari, MG.

Em relação aos valores de irrigação obtidos a partir da aplicação da função linear-exponencial para a região de Araguari, verificou-se nos anos de desenvolvimento da cultura (implantação, 1-2, 2-3 e  $Xn$ ), que o uso da função exponencial subestimou, em média, as irrigações necessárias em 25,9% no manejo 1, 18,5% no manejo 2, 21,0% nos manejos 3 e 4 e 16,5% no manejo 5.

Novamente, em relação ao manejo que realiza irrigações suplementares durante todo o ano (manejo 1), e considerando a aplicação da função linear-exponencial, a diferença percentual média das irrigações realizadas nos manejos 2, 3, 4 e 5 ficaram, respectivamente, 14,4%, 17,6%, 17,6% e 32,6% menores. A igualdade entre os valores médios de irrigação realizados nos manejos 3 e 4 mostra que a suspensão da irrigação nos meses de março e abril, em média, interferem muito pouco na lâmina anual de irrigação que se aplica na cultura do cafeeiro na propriedade Macaubas.

As informações apresentadas nas Tabelas 27 e 28 e Figuras 39 e 40, contrastando os resultados de irrigação quando se usa a função exponencial e a função linear-exponencial eram esperados, visto que pela estrutura das equações, a função exponencial considera que a cultura não consegue manter a  $ETc$  a partir do momento em que ocorre alguma saída de água do solo, e a função linear-exponencial considera que a cultura consegue manter a  $ETc$  até se atingir o valor de água disponível no solo ( $CAD \cdot p$ ). Assim, baseando-se nas considerações e conceituações feitas por Doorenbos & Kassam (1979) é possível afirmar que a equação linear-exponencial estima e representa melhor as condições de armazenamento de água no solo do que a equação exponencial. Por este motivo, a equação linear-exponencial será a equação utilizada nos módulos “Fonte de energia” e “Custo de produção com análise de risco” para participar da estimativa do armazenamento da água no solo. A precisão nas estimativas do déficit hídrico influi na determinação da produtividade da cultura, e nas análises de gastos com água e energia.

#### **b) Evapotranspiração real ( $ER$ )**

As Tabelas 29 e 30 apresentam, respectivamente para as propriedades Faria e Macaubas, os valores médios de evapotranspiração real (mm/ano) nos anos de



desenvolvimento do cafeeiro. Os valores foram obtidos a partir de simulações combinando os manejos de irrigação 1 a 6 com as duas funções de armazenamento de água no solo. As Figuras 41 e 42 apresentam apenas os valores médios de evapotranspiração real ( $ER$ ) do ano  $X_n$  (cultura adulta), que foram alcançados com a utilização das duas funções de armazenamento de água no solo. As Tabelas 29 e 30 apresentam, ainda, uma linha denominada “Valor  $ET_c$ ”, que traz os valores de evapotranspiração da cultura (mm/ano) das duas propriedades que estão sendo analisadas. Os valores foram colocados para permitir uma apreciação do que a cultura pode demandar, e o que ela está demandando em função do déficit de água no solo.

Tabela 29. Valores médios de  $ER$  (mm/ano) nos anos de desenvolvimento do cafeeiro, a partir da função exponencial (exp) e linear-exponencial (lin-exp), para a propriedade Faria, situada em Lavras, MG.

Manejo da irrigação	Valores médios de $ER$ e $ET_c$ (mm/ano) para o cafeeiro na propriedade Faria							
	Implantação		Ano 1-2		Ano 2-3		Ano $X_n$	
	exp	lin-exp	exp	lin-exp	exp	lin-exp	exp	lin-exp
Valor $ET_c$	546,0	546,0	672,0	672,0	755,9	755,9	839,8	839,8
Manejo 1	471,6	531,0	578,2	660,2	645,4	745,2	709,4	831,6
Manejo 2	456,6	502,7	563,7	630,6	631,2	719,1	696,9	805,0
Manejo 3	456,4	502,7	563,3	630,7	631,4	719,1	695,5	805,0
Manejo 4	454,1	496,0	557,2	607,7	624,6	686,9	686,9	763,2
Manejo 5	430,7	451,1	524,2	553,6	584,0	621,5	639,0	684,4
Manejo 6	360,6	361,5	426,1	427,2	465,4	467,6	492,3	494,7

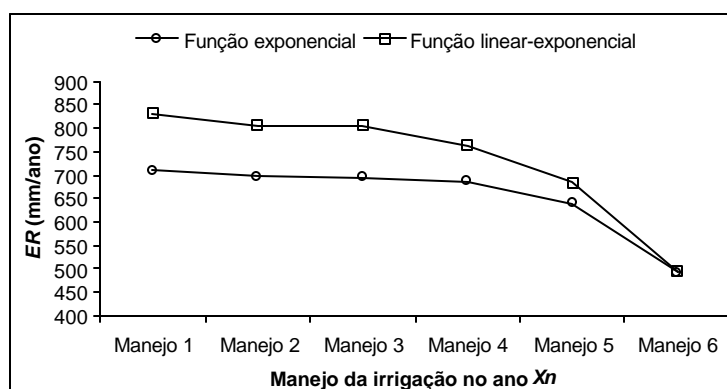


Figura 41 – Valores médios de evapotranspiração real ( $ER$ , mm/ano) no ano  $X_n$  (cultura adulta) do cafeeiro, a partir da função exponencial e linear-exponencial, para a propriedade Faria, situada em Lavras, MG.

Em relação aos valores de evapotranspiração real ( $ER$ ) obtidos com a utilização da função linear-exponencial no balanço hídrico para a região de Lavras, verificou-se durante os anos de desenvolvimento da cultura (implantação, 1-2, 2-3 e  $Xn$ ), que o uso da função exponencial subestimou em média a evapotranspiração real ( $ER$ ) em 12,9% no manejo 1 de irrigação, 11,4% nos manejos 2 e 3, 9,0% no manejo 4, 5,6% no manejo 5 e 0,4% no manejo 6.

Em relação à evapotranspiração da cultura ( $ETc$ ), e considerando os valores de evapotranspiração real ( $ER$ ) obtidos nos anos de desenvolvimento da cultura a partir da função linear-exponencial, e manejos de irrigação 1, 2, 3, 4, 5 e 6, verificou-se que as diferenças percentuais médias foram menores em 1,7%, 5,8%, 5,8%, 9,2%, 17,8% e 37,4%, respectivamente.

A discussão sobre a melhor função que estima o armazenamento da água no solo, com as diferentes formas de manejo da irrigação, é importante em outros módulos do modelo, para analisar os gastos com energia, água e aplicar a função de produção. Os resultados econômicos alcançados nas análises de simulação realizadas com o *MORETTI* serão mais precisos quanto melhores forem as estimativas do armazenamento da água no solo nas simulações do balanço hídrico. Maiores informações sobre a influência do manejo de irrigação adotado sobre a produção da cultura do cafeeiro, serão apresentados e discutidos nos itens que tratarão do módulo “Custo de produção com análise de risco” para cultura cafeeiro irrigado.

Tabela 30. Valores médios de  $ER$  (mm/ano) nos anos de desenvolvimento do cafeeiro, a partir da função exponencial (exp) e linear-exponencial (lin-exp), para a propriedade Macaubas, situada em Araguari, MG.

Manejo da irrigação	Valores médios de $ER$ e $ETc$ (mm/ano) para o cafeeiro na propriedade Macaubas							
	Implantação		Ano 1-2		Ano 2-3		Ano $Xn$	
	exp	lin-exp	exp	lin-exp	exp	lin-exp	exp	lin-exp
Valor $ETc$	609,5	609,5	750,2	750,2	844,1	844,1	937,7	937,7
Manejo 1	529,4	585,9	652,1	731,4	731,4	833,5	808,2	930,3
Manejo 2	514,3	550,6	638,2	693,4	725,1	796,6	806,6	893,3
Manejo 3	514,2	551,9	635,0	689,6	718,2	786,6	796,7	877,0
Manejo 4	514,4	552,2	634,8	689,4	718,4	786,4	796,7	877,2
Manejo 5	499,0	525,4	612,9	654,1	692,2	745,0	765,6	826,1
Manejo 6	425,3	427,2	502,0	505,2	555,1	560,6	606,2	611,6

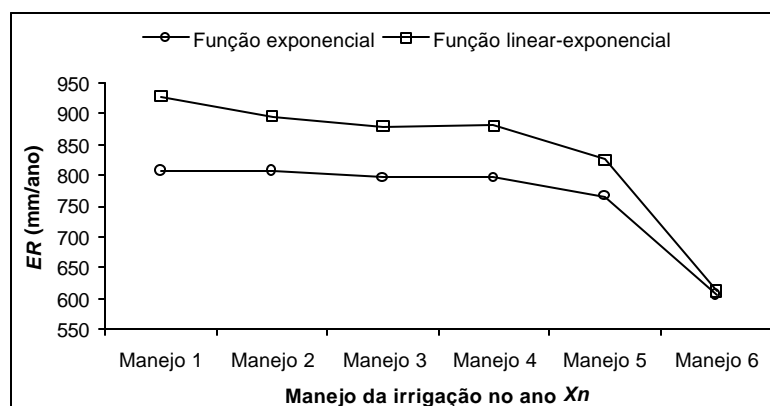


Figura 42 – Valores médios de  $ER$  (mm/ano) no ano  $X_n$  (cultura adulta) do cafeeiro, com a função exponencial e linear-exponencial, para a propriedade Macaubas, situada em Araguari, MG.

Em relação aos valores de evapotranspiração real ( $ER$ ) obtidos com a utilização da função linear-exponencial no balanço hídrico para a região de Araguari, verificou-se durante os anos de desenvolvimento da cultura (implantação, 1-2, 2-3 e  $X_n$ ), que o uso da função exponencial subestimou em média a evapotranspiração real ( $ER$ ) em 11,5% no manejo 1 de irrigação, 8,3% no manejo 2, 8,2% no manejo 3, 8,1% no manejo 4, 6,4% no manejo 5 e 0,7% no manejo 6.

Em relação à evapotranspiração da cultura ( $ET_c$ ), e considerando os valores de evapotranspiração real ( $ER$ ) obtidos nos anos de desenvolvimento da cultura a partir da função linear-exponencial, com os manejos de irrigação 1, 2, 3, 4, 5 e 6, verificou-se que as diferenças percentuais médias foram menores 2,1%, 6,9%, 7,7%, 7,7%, 12,6% e 32,7%, respectivamente.

Os desvios observados entre os valores de evapotranspiração real ( $ER$ ) alcançados com o manejo que não considera a realização de irrigações (manejo 6), com as duas funções de armazenamento de água no solo, foram pequenos, apenas 0,37% para Fazenda Faria e 0,74% para a Fazenda Macaubas, em média, nos anos de desenvolvimento da cultura. Esta constatação, revela que a função linear-exponencial, para as regiões de Lavras e Araguari, proporciona resultados semelhantes aos obtidos com a função exponencial quando não são realizadas as irrigações durante o ano.

### c) Deficiência hídrica (*DEF*)

As Tabelas 31 e 32 mostram, respectivamente, para as propriedades Faria e Macaubas, os valores médios de deficiência hídrica (mm/ano) nos anos de desenvolvimento do cafeeiro. Os valores apresentados também foram obtidos a partir de simulações combinando os manejos 1 a 6 de irrigação com as duas funções de armazenamento de água no solo. As Figuras 43 e 44 apresentam apenas os valores médios de deficiência (*DEF*) do ano  $X_n$  (cultura adulta), com as duas funções de armazenamento de água no solo.

Tabela 31. Valores médios de deficiência hídrica (*DEF*, mm/ano) nos anos de desenvolvimento do cafeeiro, com a função exponencial (exp) e linear-exponencial (lin-exp), na propriedade Faria, situada em Lavras, MG.

Manejo da irrigação	Valores médios de <i>DEF</i> (mm/ano) para o cafeeiro na propriedade Faria							
	Implantação		Ano 1-2		Ano 2-3		Ano $X_n$	
	exp	lin-exp	exp	lin-exp	exp	lin-exp	exp	lin-exp
Manejo 1	74,5	15,0	93,6	12,0	110,7	9,4	130,8	8,2
Manejo 2	89,5	43,3	108,4	41,3	124,5	36,5	143,4	33,4
Manejo 3	89,5	43,3	108,7	41,5	124,9	36,9	144,0	34,8
Manejo 4	91,8	50,1	115,0	64,3	131,4	69,2	152,6	77,1
Manejo 5	115,3	95,0	148,0	118,3	172,1	134,5	202,4	155,1
Manejo 6	185,2	184,7	246,1	244,8	290,6	288,7	347,1	345,2

Tabela 32. Valores médios de deficiência hídrica (*DEF*, mm/ano) nos anos de desenvolvimento do cafeeiro, com a função exponencial (exp) e linear-exponencial (lin-exp), para a propriedade Macaubas, situada em Araguari, MG.

Manejo da irrigação	Valores médios de <i>DEF</i> (mm/ano) para o cafeeiro na propriedade Macaubas							
	Implantação		Ano 1-2		Ano 2-3		Ano $X_n$	
	exp	lin-exp	exp	lin-exp	exp	lin-exp	exp	lin-exp
Manejo 1	80,3	24,1	97,7	19,0	112,5	11,1	129,6	7,8
Manejo 2	95,2	58,6	112,2	56,8	119,1	47,4	131,3	44,3
Manejo 3	94,9	57,6	115,1	60,7	125,5	57,7	141,2	60,7
Manejo 4	94,8	57,8	115,4	60,7	125,7	57,4	140,9	60,8
Manejo 5	110,8	83,7	137,4	96,3	151,8	99,9	172,3	111,7
Manejo 6	183,9	182,5	247,4	244,5	287,9	284,1	331,6	326,1

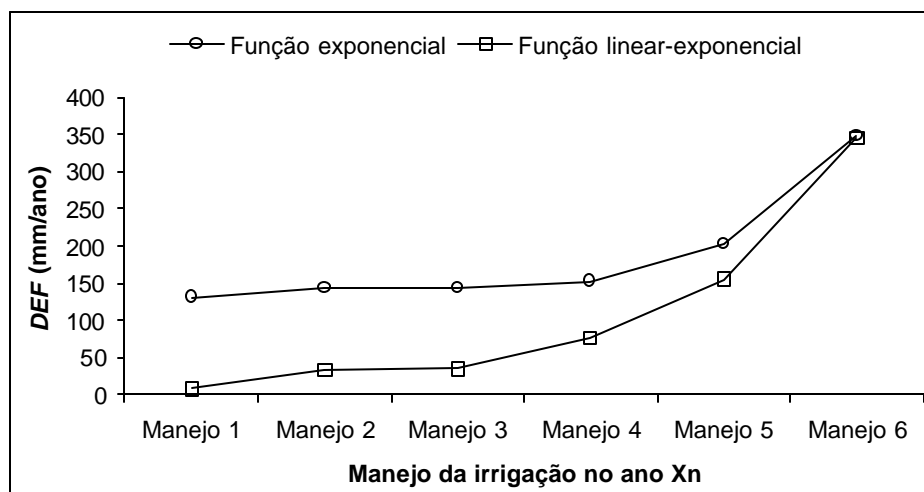


Figura 43 – Valores médios de deficiência hídrica ( $DEF$ , mm/ano) no ano  $X_n$  (cultura adulta) do cafeeiro, com as funções exponencial e linear-exponencial, para a propriedade Faria, situada em Lavras, MG.

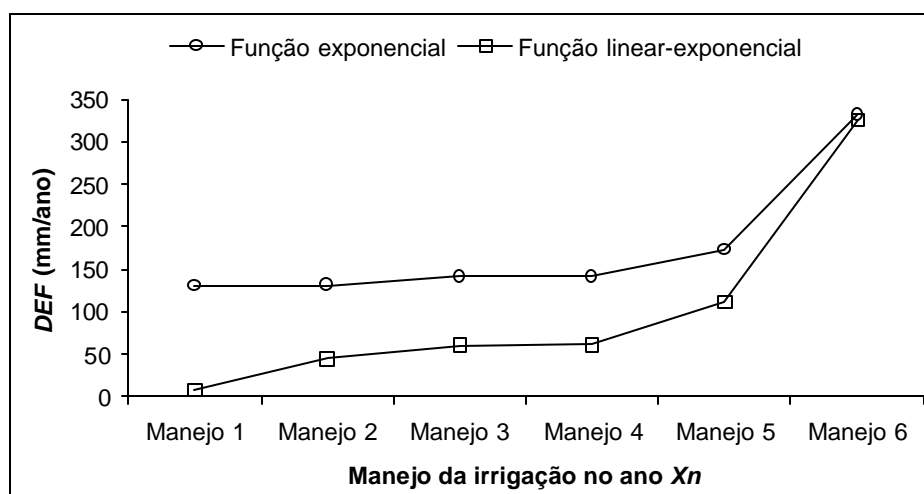


Figura 44 – Valores médios de deficiência hídrica ( $DEF$ , mm/ano) no ano  $X_n$  (cultura adulta) do cafeeiro, com as funções exponencial e linear-exponencial, para a propriedade Macaubas, situada em Araguari, MG.

São nos dados de deficiência hídrica, que se constata a diferença existente entre utilizar a função linear-exponencial e a função exponencial. Com a utilização da função exponencial, mesmo procedendo irrigações suplementares na cultura durante todo o ano (manejo 1), verifica-se ainda que as deficiências hídricas permanecem altas: 102,4mm/ano para a propriedade Faria e 105,0mm/ano para a propriedade Macaubas, em média, nos anos de desenvolvimento da cultura. Se as irrigações suplementares são realizadas decendialmente nas duas propriedade, as estimativas obtidas a partir da função exponencial não estão condizendo com a realidade, pois o esperado seriam baixos valores de déficit hídrico.

O problema verificado para a função exponencial, não é observado quando se utiliza a função linear-exponencial. A sua aplicação com o manejo de irrigação suplementar durante todo o ano (manejo 1), proporcionaram uma deficiência hídrica média nos anos de desenvolvimento da cultura de apenas 11,1mm/ano para a Fazenda Faria, e 15,5mm/ano para a Fazenda Macaubas, o que é mais consistente. É importante enfatizar, que parte das deficiências hídricas obtidas com o uso da função linear-exponencial e manejo 1, deve-se ao fato do balanço hídrico ser decendial, e permitir a realização de apenas uma irrigação suplementar em cada decêndio.

Nas análises realizadas com a função linear-exponencial e manejo que desconsidera a irrigação (manejo 6), não foram verificadas deficiências hídricas maiores que 457,9mm/ano para a propriedade Faria, e 389,6mm/ano para a propriedade Macaubas. A maior deficiência hídrica modal, com maior possibilidade de ocorrência, obtida com o uso da mesma função e manejo de irrigação, foi de 350,7mm/ano para a propriedade Faria e 309,8mm/ano para a propriedade Macaubas.

Camargo & Pereira (1994) e Santinato et al. (1996), recomendam a utilização da prática da irrigação para a cultura do cafeeiro quando a deficiência hídrica anual for maior do que 200mm/ano para o café arábica, e 400mm/ano para o café robusta. Os valores médios de deficiência hídrica encontrados para o cafeeiro arábica nas propriedades Faria e Macaubas, com o manejo que desconsidera as irrigações, são maiores que 200mm/ano. No entanto, é importante observar que os valores

recomendados pelos dois autores foram obtidos através de balanço hídrico mensal, precipitação média e solos com grande capacidade de água disponível (CAD de 100mm a 150mm). Assim, analisando as deficiências hídricas obtidas nas simulações e na literatura, e baseando-se nas considerações realizadas, é possível afirmar que a irrigação do cafeeiro nas regiões de Araguari e Lavras não é extremamente necessária, mas sua utilização pode melhorar a produtividade e a qualidade do produto.

Os valores de deficiência hídrica apresentados, tanto para a propriedade Faria quanto para a propriedade Macaubas, referem-se a um turno de rega de 10 dias, pois o balanço hídrico é decendial. Logo, a aquisição de um sistema de irrigação projetado para trabalhar com um turno de rega entre 5 e 8 dias, poderia suprir adequadamente as deficiências hídricas apresentadas pelo cafeeiro ao longo de sua vida útil. Um sistema com turno de rega entre 5 e 8 dias, diminuiria também parte das deficiências hídricas apresentadas, já que seria possível realizar mais de uma irrigação em um mesmo decêndio. Situações envolvendo manejos com mais de uma irrigação no decêndio não foram realizadas, pois o módulo “Balanço hídrico climatológico” não contempla este tipo de análise.

#### **d) Excedentes hídricos (EXC)**

Os valores de excedente de água não entraram nas análises de gastos com água e energia, e nas análises de custo de produção com análise de risco para o cafeeiro irrigado. Os resultados aqui apresentados, servem apenas para ilustrar outros tipos de informações que a estrutura modular utilizada no modelo permite obter.

As Tabelas 33 e 34 e as Figuras 45 e 46 apresentam os valores médios de excedentes hídricos (mm/ano), respectivamente, para as propriedades Faria e Macaubas, nos anos de desenvolvimento do cafeeiro, que foram obtidos a partir das simulações combinando os manejos 1 a 6 de irrigação com as duas funções de armazenamento de água no solo. Os valores de excedente apresentados levam em consideração a ocorrência da precipitação provável a 75% de probabilidade e as irrigações sendo realizadas em toda a área cultivada.

Os resultados apresentados para os excedentes de água no solo nas duas regiões, permitem observar para as operações de manejo da cultura do cafeeiro, que são necessários muitos cuidados quanto às práticas de conservação do solo. Principalmente nos dois primeiros anos de vida útil da cultura.

Tabela 33. Valores médios de excedente hídrico (*EXC*, mm/ano) nos anos de desenvolvimento do cafeeiro, a partir da função exponencial (exp) e linear-exponencial (lin-exp), para a propriedade Faria, situada em Lavras, MG.

Manejo da irrigação	Valores médios de <i>EXC</i> (mm/ano) para o cafeeiro na propriedade Faria							
	Implantação		Ano 1-2		Ano 2-3		Ano <i>Xn</i>	
	exp	lin-exp	exp	lin-exp	exp	lin-exp	exp	lin-exp
Manejo 1	160,1	159,2	105,1	103,3	74,4	74,6	49,4	49,4
Manejo 2	160,0	159,2	104,9	103,3	75,1	74,2	49,5	49,9
Manejo 3	159,8	158,3	104,5	100,3	72,9	65,9	45,3	35,3
Manejo 4	159,9	158,2	104,3	100,5	73,0	65,8	45,4	35,4
Manejo 5	159,8	158,3	104,4	100,5	73,1	66,0	45,2	35,3
Manejo 6	138,9	138,1	73,4	72,7	34,1	32,7	7,2	6,3

Tabela 34. Valores médios de excedente hídrico (*EXC*, mm/ano) nos anos de desenvolvimento do cafeeiro, a partir das função exponencial (exp) e linear-exponencial (lin-exp), para a propriedade Macaubas, situada em Araguari, MG.

Manejo da irrigação	Valores médios de <i>EXC</i> (mm/ano) para o cafeeiro na propriedade Macaubas							
	Implantação		Ano 1-2		Ano 2-3		Ano <i>Xn</i>	
	exp	lin-exp	exp	lin-exp	exp	lin-exp	exp	lin-exp
Manejo 1	295,2	292,5	227,9	221,5	182,7	173,0	140,5	130,5
Manejo 2	295,1	292,9	227,7	221,6	182,7	173,3	140,5	130,6
Manejo 3	293,2	288,0	221,4	209,9	172,8	156,1	126,4	106,6
Manejo 4	293,1	287,9	221,4	210,2	172,7	156,4	126,5	106,6
Manejo 5	292,8	288,2	221,3	209,8	172,8	155,8	126,4	106,6
Manejo 6	278,2	276,5	201,5	199,1	148,4	144,7	97,3	95,0

Em relação aos valores de excedentes observados na propriedade Faria, nos manejos de irrigação 1 a 5, a propriedade Macaubas apresentou valores médios de excedente hídrico maiores em 83,2%, 112,6%, 137,5% e 184,0%, respectivamente, para os anos de implantação, 1-2, 2-3 e *Xn* (cultura adulta).



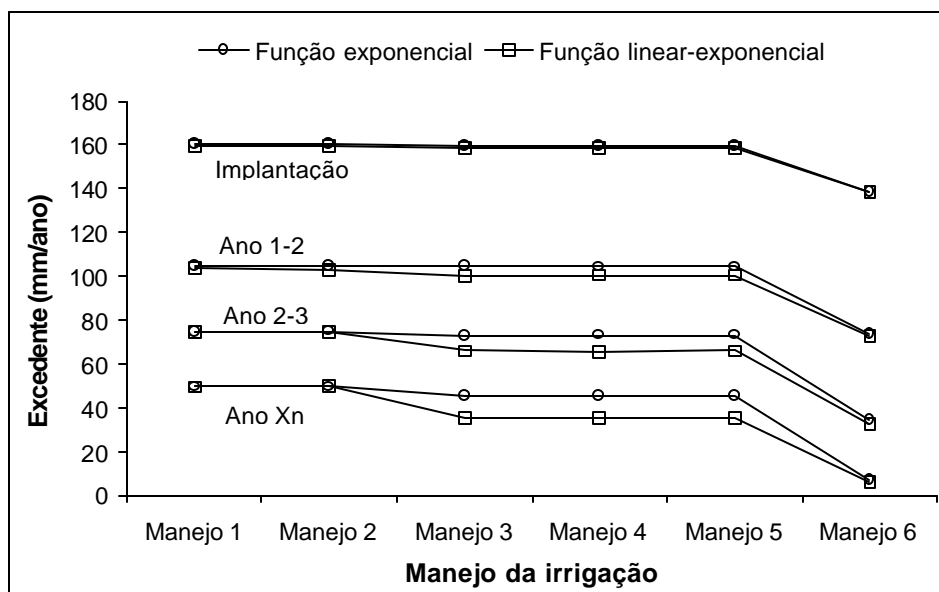


Figura 45 – Valores médios de excedente hídrico ( $EXC$ , mm/ano) nos anos de desenvolvimento do cafeeiro, obtidos a partir das funções exponencial e linear-exponencial, para a propriedade Faria, situada em Lavras, MG.

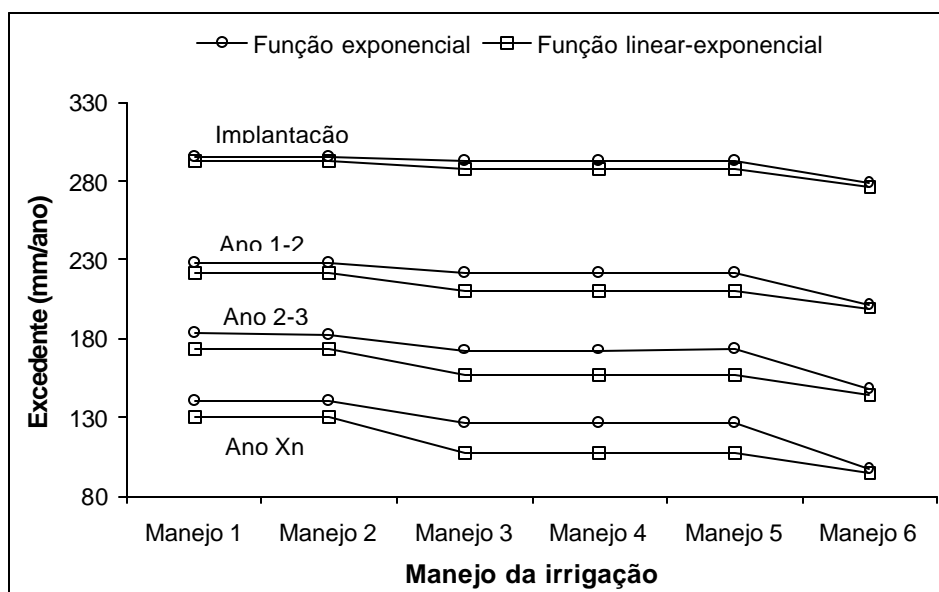


Figura 46 – Valores médios de excedente hídrico ( $EXC$ , mm/ano) nos anos de desenvolvimento do cafeeiro, obtidos a partir das funções exponencial e linear-exponencial, para a propriedade Macaubas, situada em Araguari, MG.

#### **4.2.1.6 Simulação do balanço hídrico climatológico para Fazenda Macaubas a partir da precipitação provável de Lavras**

Os resultados encontrados para irrigação, evapotranspiração real, deficiência e excedente hídrico simulados no módulo “Balanço Hídrico Climatológico decendial” para a propriedade Macaubas, que se encontra situada na região de Araguari, podem estar sendo subestimados. Essa afirmativa deve-se ao fato de que as precipitações prováveis da referida região estão sendo estimadas baseando-se em uma pequena série de precipitações decendiais, o que pode levar a inconsistências, e os dados utilizados ainda são da estação climatológica do Parque do Sabiá (Uberlândia).

Os itens a seguir, apresentam alguns resultados que foram obtidos a partir da hipótese de ocorrer na região de Araguari, precipitações prováveis iguais as da região de Lavras. A hipótese foi testada, pois na literatura frequentemente são encontradas citações comentando o problema de estresse hídrico do cafeeiro na região. As precipitações prováveis da região de Lavras, não são exatamente iguais às precipitações da região de Araguari, no entanto, as duas regiões estão próximas geograficamente (450km) e apresentam também valores aproximados de latitude e altitude. Nas análises realizadas com os dados originais, não foram encontrados grandes diferenças entre as irrigações e deficiências hídricas simuladas no balanço hídrico climatológico das duas propriedades. Foi constatado apenas, que os meses de verão e outono são mais chuvosos na região de Araguari do que na região de Lavras, e que existe uma tendência da estação seca se prolongar um pouco mais na região de Araguari.

A Tabela 35 apresenta os valores médios (mm/ano) de irrigação, evapotranspiração real, déficit e excedente hídrico nos anos de desenvolvimento do cafeeiro na Fazenda Macaubas. Os valores foram obtidos a partir de simulações combinando os manejos de irrigação 1 a 6, com a equação linear-exponencial de armazenamento de água no solo. A precipitação provável a 75% de probabilidade utilizada foi a da região de Lavras, e os valores de irrigação consideram toda a área cultivada. As análises foram realizadas com 10.000 simulações.

Tabela 35. Valores anuais médios de irrigação, evapotranspiração real, deficiência e excedente hídrico, obtidos para a Fazenda Macaubas nas simulações do balanço hídrico, com a função linear-exponencial e as precipitação prováveis da região de Lavras, MG.

Anos de desenvolvimento	Manejo da irrigação					
	Manejo 1	Manejo 2	Manejo 3	Manejo 4	Manejo 5	Manejo 6
Irrigação (mm/ano)						
Implantação	205,7	180,8	194,2	182,8	124,7	0,0
Ano 1-2	305,6	273,1	273,5	236,1	170,4	0,0
Ano 2-3	381,1	347,6	332,8	278,1	205,3	0,0
Ano $\bar{X}_n$	452,5	426,9	403,0	326,4	236,9	0,0
Evapotranspiração real (mm/ano)						
Implantação	585,3	560,5	560,7	549,4	491,0	393,3
Ano 1-2	731,3	699,0	699,3	661,6	597,0	454,8
Ano 2-3	829,3	795,1	793,5	739,4	667,6	492,6
Ano $\bar{X}_n$	925,6	897,6	893,2	816,2	730,3	500,4
Deficiência hídrica (mm/ano)						
Implantação	24,2	49,4	49,0	60,1	118,4	216,3
Ano 1-2	18,4	51,3	51,0	88,1	153,5	295,1
Ano 2-3	14,5	49,2	50,0	104,5	177,2	351,1
Ano $\bar{X}_n$	12,3	40,3	45,3	120,8	208,0	437,6
Excedente hídrico (mm/ano)						
Implantação	123,6	123,4	122,0	122,1	122,1	106,2
Ano 1-2	73,7	73,4	68,7	68,8	68,6	44,9
Ano 2-3	49,3	49,3	36,2	36,1	36,0	7,5
Ano $\bar{X}_n$	25,7	25,7	6,0	6,3	6,1	0,0

Em Araguari, as diferenças encontradas nos resultados com a consideração de ocorrência de precipitações prováveis, à semelhança da região de Lavras, foram grandes. Em relação aos valores que foram encontrados com os dados originais para a Fazenda Macaubas (Tabelas 28, 30, 32 e 40), e considerando-se a média obtida nos anos de desenvolvimento da cultura para esta nova situação, verificou-se que:

- as irrigações ficaram maiores: 25,1% no manejo 1 de irrigação, 32,6% no manejo 2, 36,6% no manejo 3, 17,6% no manejo 4 e 3,1% no manejo 5;
- os valores de evapotranspiração real ( $ER$ ) foram, em média, menores: 0,3% no manejo 1 de irrigação, 4,4% no manejo 4, 9,3% no manejo 5 e 12,1% no manejo 6. E foram maiores 0,7% no manejo de irrigação 2 e 1,4% no manejo 3. A

redução da evapotranspiração real deve-se ao fato de que houve maior limitação de água no solo para a cultura;

- as deficiências hídricas para a cultura, foram maiores: 21,6% no manejo 1 de irrigação, 57,4% no manejo 4, 66,1% no manejo 5 e 24,2% no manejo 6. Houve 7,7% de redução no déficit hídrico no manejo 2 de irrigação e 17,4% no manejo 3. Os valores máximos de deficiência (maior valor) apresentados nas 10.000 simulações foram de 70,6mm/ano para o manejo 1 de irrigação, 91,0mm/ano para o manejo 2, 91,6mm/ano para o manejo 3, 183,9mm/ano para o manejo 4, 265,2mm/ano para manejo 5 e 504,7mm/ano para o manejo 6;
- os excedentes hídricos foram menores: 69,1% no manejo de irrigação 1 e 2, 74,0% nos manejos 3, 4 e 5 e 83,5% no manejo 6.

Os resultados obtidos com a hipótese imposta são importantes, pois mostram que um déficit hídrico de aproximadamente 504,7mm/ano para a propriedade Macaubas tem um tempo de retorno de 10.000 anos. A realização das irrigações suplementares decendiais ainda mostraram ser eficientes para esta nova situação. O déficit hídrico apresentado na propriedade Macaubas, com as precipitações prováveis da região de Lavras e manejo que considera as irrigações o ano todo (manejo 6), foi de 17,4mm/ano, em média. O déficit médio verificado permanece dentro de limites aceitáveis, embora tenha ocorrido um aumento de 12,0% (1,9mm/ano) em relação às análises com os dados originais.

#### **4.2.1.7 Resultados alcançados com o módulo “Balanço hídrico climatológico”**

Muitos autores comentam que o clima da região de Araguari vem sofrendo alterações nos últimos anos e que estas mudanças têm prejudicado bastante a produção do cafeeiro, o que justifica a necessidade da prática da irrigação. Mediante as análises que estão sendo realizadas neste trabalho e baseando-se numa série de outras informações levantadas, é possível verificar que a cafeicultura, tanto na região de Araguari como na de Lavras, vem realmente necessitando da prática da irrigação. No

entanto, esta necessidade não se deve à condição esporádica de um ano mais seco ou de uma mudança climática mais complexa. Recentemente produtividades de 5 a 20 sacas de café beneficiados eram consideradas excelentes, e atualmente é comum se falar em produtividades de 60, 80 até 120 sacas, como pode ser constatado em Bartholo & Chebabi (1985), FNP (1988, 1999, 2000), Ormond et al. (1999) e Item (2000). O melhoramento genético pode incrementar o potencial produtivo, mas sem dúvida nenhuma, esse incremento tem um preço: o aumento da sensibilidade da planta às condições climáticas e maiores exigências quanto aos tratos culturais e fitossanitários. Portanto, acredita-se que oscilações climáticas ocorridas dentro da normalidade nas duas regiões, venham prejudicando com maior intensidade a produtividade da cultura devido ao aumento de sensibilidade da mesma a essas oscilações.

Todas as análises realizadas para os componentes do balanço hídrico climatológico, considerando-se a média das simulações, poderiam ser feitas também com a moda, menor e maior valor. A única ressalva é que os menores e maiores valores são mais discrepantes em relação aos valores observados. As análises poderiam ser feitas também à um determinado nível de probabilidade. Os histogramas obtidos nas diversas análises para as propriedades Faria e Macaubas, contendo a distribuição de frequência da evapotranspiração da cultura ( $ET_c$ ), irrigação e evapotranspiração real ( $ER$ ), seguem aproximadamente a mesma distribuição de probabilidade que é utilizada para simular a evapotranspiração de referência ( $ET_o$ ). No entanto, o mesmo não ocorre para a deficiência e o excedente hídrico, que apresentam histogramas bem diferenciados, podendo seguir ou não a tendência da distribuição de probabilidade utilizada, em função do manejo de irrigação adotado.

O balanço hídrico climatológico decendial sequencial realizado mostrou um grande inconveniente quando o solo do local apresenta baixa capacidade de água disponível ( $CAD$ ). Como o balanço hídrico é decendial, somente é possível a realização de uma irrigação nos períodos de 10 dias. Assim, solos que apresentam baixa capacidade de água disponível ( $CAD$ ), proporcionam deficiências hídricas elevadas e  $ER$  reduzida. Como em muitos projetos de irrigação é possível a realização de mais de uma irrigação

por decêndio, o déficit hídrico ocorrido não é real e poderá prejudicar as análises econômicas no modelo, pois a evapotranspiração relativa ( $ER/ETc$ ) participa da função que estima a produção da cultura do cafeeiro, e consequentemente, os benefícios advindos da produção ficam subestimados. Uma redução nos gastos com água e energia também ocorre, devido a subestimativa das irrigações.

Dado o número de equações existentes com a finalidade de fazer a estimativa do valor do armazenamento de água no solo, a partir dos valores de “Negativo Acumulado” e vice e versa, especial atenção foi dada à realização das rotinas que compõem o balanço hídrico. Atualmente, o modelo permite a estimativa do armazenamento de água no solo por apenas duas equações, mas, internamente, toda a estrutura para receber novas equações já se encontra montada.

Analisando o módulo “Balanço hídrico climatológico”, constatou-se a necessidade de acrescentar rotinas destinadas à determinação e cálculo de parâmetros estatísticos das irrigações e deficiências hídricas decendiais, que auxiliassem na identificação dos períodos do ano em que os agricultores deveriam ter maior cuidado com o manejo da irrigação. Atualmente, o módulo determina e calcula parâmetros estatísticos apenas para os valores anuais da evapotranspiração de cultura ( $ETc$ ), evapotranspiração real ( $ER$ ), irrigação, deficiência e excedente hídrico.

Cabe salientar, na finalização da discussão deste módulo, o problema que foi enfrentado no levantamento de dados climáticos para a região de Araguari. Muito embora a região apresente uma forte economia agrícola, o mesmo não se pode dizer a respeito das condições das estações e postos climatológicos da região. Araguari não possui estação climatológica, e as informações obtidos gentilmente de alguns postos de cafeicultores e associações são muito discrepantes, o que levou a utilização dos dados climáticos da estação climatológica do Parque do Sabiá, da cidade de Uberlândia, MG. No entanto, esta mesma estação não se encontra bem localizada, e a série de dados coletados até o momento é pequena e apresenta falhas.

## **4.2.2 Avaliação do módulo “Fonte de energia”**

### **4.2.2.1 Considerações quanto a composição do “cenário fonte de energia”**

Os dados originais das propriedades Faria e Macaubas que entraram na composição do “cenário fonte de energia” para quantificar o consumo e despesas com água e energia estão apresentados no Item 3.4.1.3 do capítulo Material e Métodos. Pelas razões já expostas em itens anteriores, a simulação da evapotranspiração de referência (*ET<sub>o</sub>*) foi feita com a distribuição de probabilidade normal e a estimativa do armazenamento de água no solo foi realizada com a função linear-exponencial. O número de simulações nas análises foram de 10.000.

As discussões envolvendo os resultados obtidos nas análises de consumo e gastos com água e energia foram feitas considerando a média e o desvio padrão. Nas simulações, a evapotranspiração de referência foi estimada com a distribuição normal, e os histogramas resultantes das análises processadas mostraram que as irrigações realizadas têm, também, tendência de uma distribuição de probabilidade normal, para as duas propriedades.

É importante observar que a saída dos resultados do módulo “Fonte de energia” referem-se à toda a área irrigada da propriedade que está sendo analisada.

### **4.2.2.2 Determinação do consumo e gasto anual com energia elétrica**

A demanda de carga verificada para o funcionamento do sistema de irrigação das duas propriedades foi de 13,8kW para o sistema gotejamento da Fazenda Faria, e 144,65kW para o sistema pivô central da Fazenda Macaubas.

A Tabela 36 apresenta as lâminas médias de irrigação, encontradas quando se adotou os manejos de irrigação 1 a 6 ao longo dos anos de desenvolvimento da cultura nas propriedades Faria e Macaubas. As lâminas de irrigação obtidas com o cálculo do balanço hídrico (Tabela 36), já estão corrigidas conforme a eficiência do sistema de irrigação e a forma de aplicação da água.





De acordo com as características dos conjuntos motobomba apresentados pelos sistemas de irrigação nas duas propriedades, a Tabela 38 apresenta o tempo médio obtido nas simulações, para realizar as irrigação ao longo dos anos de desenvolvimento da cultura com a utilização dos manejos de irrigação 1 a 6.

Tabela 38. Tempo médio (horas/ano) para realizar as irrigações ao longo dos anos de desenvolvimento da cultura do cafeeiro, nas propriedades Faria e Macaubas, situadas nas regiões de Lavras e Araguari, MG, respectivamente.

Manejo da irrigação	Tempo necessário para realizar as irrigações (horas/ano)							
	Implantação	$\sigma$ *	Ano 1-2	$\sigma$ *	Ano 2-3	$\sigma$ *	Ano $Xn$	$\sigma$ *
Fazenda Faria, Lavras – MG								
Manejo 1	804,5	58,7	1.098,8	95,4	1.347,7	115,9	1.596,0	145,2
Manejo 2	685,8	59,6	979,4	95,7	1.242,2	119,1	1.507,4	149,0
Manejo 3	690,8	58,1	979,2	83,0	1.203,9	103,6	1.442,3	131,5
Manejo 4	653,3	69,9	882,8	62,0	1.069,5	56,6	1.269,2	62,7
Manejo 5	476,8	31,1	654,0	38,6	788,1	46,8	919,0	51,2
Manejo 6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Fazenda Macaubas, Araguari – MG								
Manejo 1	674,5	58,8	1.009,4	53,3	1.192,3	59,0	1.284,6	147,8
Manejo 2	536,6	63,2	853,8	44,7	1.055,2	55,1	1.153,6	148,1
Manejo 3	574,4	38,5	788,2	37,6	949,5	54,7	1.113,3	67,5
Manejo 4	575,1	39,1	788,2	37,1	948,2	54,4	1.113,6	67,9
Manejo 5	471,8	29,9	649,8	35,4	779,2	52,1	899,0	59,4
Manejo 6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

\* Desvio padrão encontrado nas 10.000 simulações

As Tabelas 39 e 40 apresentam, respectivamente, o consumo e a despesa média com energia elétrica, obtidos com a utilização dos manejos de irrigação 1 a 6 ao longo dos anos de desenvolvimento da cultura. Os valores médios de consumo e despesas são calculados conforme as características dos motores elétricos existentes nas duas propriedades, o tempo gasto para a realização das irrigações, e as disposições tarifárias (tarifas horo-sazonais) em que se encontra cada propriedade.

Tabela 39. Consumo anual médio de energia elétrica (kWh/ano), obtido nas simulações para realizar as irrigações nos anos de desenvolvimento da cultura do cafeeiro, nas propriedades Faria e Macaubas, situadas nas regiões de Lavras e Araguari, MG, respectivamente .

Manejo da irrigação	Consumo médio de energia elétrica para realizar as irrigações (kWh/ano)							
	Implant**	$\sigma$ *	Ano 1-2	$\sigma$ *	Ano 2-3	$\sigma$ *	Ano Xn	$\sigma$ *
Fazenda Faria, Lavras – MG								
Manejo 1	10.092,5	736,2	13.785,0	1.196,5	16.907,9	1.453,6	20.022,9	1.821,3
Manejo 2	8.603,3	747,2	12.287,3	1.200,8	15.583,7	1.493,9	18.911,6	1.869,7
Manejo 3	8.666,0	729,3	12.284,8	1.040,8	15.103,9	1.300,1	18.094,8	1.650,1
Manejo 4	8.196,1	876,6	11.075,0	777,7	13.417,3	710,6	15.923,1	786,0
Manejo 5	5.981,6	390,1	8.204,2	483,6	9.886,6	586,9	11.529,5	642,6
Manejo 6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Fazenda Macaubas, Araguari – MG								
Manejo 1	85.933,7	7.496,2	128.598,6	6.796,1	151.892,8	7.517,7	163.652,8	18.824,1
Manejo 2	68.362,0	8.056,4	108.777,0	5.698,7	134.429,6	7.020,9	146.966,4	18.863,8
Manejo 3	73.171,5	4.899,5	100.415,7	4.792,4	120.959,1	6.964,1	141.837,0	8.603,2
Manejo 4	73.272,1	4.978,3	100.420,7	4.722,5	120.797,5	6.934,5	141.872,2	8.647,9
Manejo 5	60.109,3	3.803,1	82.786,6	4.507,7	99.271,7	6.632,9	114.525,9	7.571,1
Manejo 6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

\* Desvio padrão encontrado nas 10.000 simulações

\*\* Implantação da cultura

Tabela 40. Despesas anuais médias com energia elétrica, para realizar as irrigações nos anos de desenvolvimento do cafeeiro, nas propriedades Faria e Macaubas, situadas nas regiões de Lavras e Araguari, MG, respectivamente.

Manejo da irrigação	Despesa média com energia elétrica para realizar as irrigações (dólar/ano)							
	Implantação	$\sigma$ *	Ano 1-2	$\sigma$ *	Ano 2-3	$\sigma$ *	Ano Xn	$\sigma$ *
Fazenda Faria, Lavras – MG								
Manejo 1	662,3	45,9	898,4	74,9	1.097,3	90,9	1.296,2	114,3
Manejo 2	571,7	46,5	806,4	75,2	1.015,6	93,5	1.227,6	117,3
Manejo 3	576,6	45,8	807,3	65,7	987,0	81,8	1.177,7	103,9
Manejo 4	549,3	55,7	733,1	49,7	882,8	45,4	1.042,9	50,2
Manejo 5	410,9	24,9	552,9	30,9	660,4	37,5	765,4	41,1
Manejo 6	38,3	0,0	38,3	0,0	38,3	0,0	38,3	0,0
Fazenda Macaubas, Araguari – MG								
Manejo 1	4.436,2	348,9	5.236,8	186,3	5.684,5	221,9	5.954,3	562,7
Manejo 2	3.529,3	369,1	4.528,3	144,9	5.162,3	200,2	5.517,1	564,1
Manejo 3	3.367,5	120,0	3.958,6	105,3	4.544,5	154,3	5.244,0	253,9
Manejo 4	3.369,4	121,7	3.957,6	103,2	4.539,4	155,9	5.244,7	256,8
Manejo 5	2.774,8	115,6	3.331,8	103,5	3.880,9	150,1	4.420,4	216,1
Manejo 6	667,3	0,0	667,3	0,0	667,3	0,0	667,3	0,0

\* Desvio padrão encontrado nas 10.000 simulações

A despesa anual mínima com energia elétrica, foi de 38,30 dólares para a Fazenda Faria e 667,30 dólares para a Fazenda Macaubas, e foram obtidas com o manejo que desconsidera o uso da irrigação (manejo 6). As despesas com energia para o manejo 6 seriam para uma situação em que as irrigações suplementares durante o ano não foram realizadas nas duas propriedades por ter ocorrido alguma eventualidade. As maiores despesas, como era esperado, ocorreram com a cultura adulta (ano  $X_n$ ) adotando o manejo que realiza irrigações suplementares durante todo o ano (manejo 1). Os gastos anuais máximos com energia elétrica ficaram em 1.296,20 dólares para a Fazenda Faria, e 5.954,30 dólares para a Fazenda Macaubas.

#### **a) Despesas com energia elétrica aplicando outras tarifas horo-sazonais**

O sistema de irrigação da Fazenda Faria, por ser pequeno e estar enquadrado como baixa tensão, não possui outras alternativas de tarifação horo-sazonais. Por outro lado, a Fazenda Macaubas poderia estar enquadrada em outras composições de tarifação horo-sazonais. A Tabela 41 apresenta para a cultura adulta (ano  $X_n$ ) como ficariam as despesas com energia elétrica para Fazenda Macaubas, caso ela estivesse enquadrada em outras composições tarifárias. Os valores de despesas apresentados são médios e foram obtidos com 10.000 simulações.

Os dados da Tabela 41, permitem verificar que a propriedade Macaubas já se encontra dentro de uma tarifação horo-sazonal que possibilita os menores gastos com energia: tarifa verde com irrigação noturna. A única opção tarifária mais barata que esta, seria para uma situação em que não houvesse a cobrança do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS), o que proporcionaria uma redução de 21,9512% nos valores apresentados na Tabela 41.

Os valores de despesas com energia elétrica na tarifa horo-sazonal azul, são iguais aos valores de despesas com a tarifa horo-sazonal verde. As diferenças observadas na Tabela 41 são decorrentes do processo de simulação. A igualdade verificada nas despesas com as duas tarifas, deve-se ao fato de que o equacionamento das tarifas horo-sazonais no modelo desconsidera a possibilidade de utilização dos sistemas de irrigação no horário de ponta. Atualmente as tarifas adotadas para demanda

e consumo, no horário fora de ponta, são iguais para as duas modalidades. Logo, a grande desvantagem da tarifa horo-sazonal azul está em utilizá-la no horário de ponta, ou apresentar demanda de ultrapassagem.

Tabela 41. Despesas anuais médias com energia elétrica (dólar/ano) na Fazenda Macaubas, situada em Araguari, MG, para realizar a irrigação do cafeeiro a partir de vários enquadramentos de tarifação horo-sazonais.

Tarifação horo-sazonal	cos $\phi$ *	Despesas com energia elétrica na Fazenda Macaubas (dólar/ano)					
		Manejo 1	Manejo 2	Manejo 3	Manejo 4	Manejo 5	Manejo 6
Verde com irrigação noturna	$\geq 0,92$	5.954,3	5.517,1	5.244,0	5.244,7	4.420,4	667,3
Desvio padrão ( $\sigma$ )**		562,7	564,1	253,9	256,8	216,1	0,0
Verde sem irrigação noturna	$\geq 0,92$	9.276,6	8.204,4	7.768,3	7.772,5	6.280,6	667,3
Desvio padrão ( $\sigma$ )**		927,3	939,2	309,2	310,4	271,8	0,0
Verde com irrigação noturna	0,7	7.732,9	7.155,0	6.855,2	6.857,1	5.774,6	877,1
Desvio padrão ( $\sigma$ )**		742,9	744,2	348,8	348,9	296,7	0,0
Verde sem irrigação noturna	0,7	12.209,4	10.794,3	10.216,3	10.212,6	8.263,3	877,1
Desvio padrão ( $\sigma$ )**		1.222,6	1.237,3	409,7	405,3	357,7	0,0
Azul com irrigação noturna	$\geq 0,92$	5.952,2	5.520,8	5.243,1	5.243,1	4.420,2	667,3
Desvio padrão ( $\sigma$ )**		560,6	558,2	255,9	255,3	218,8	0,0
Azul sem irrigação noturna	$\geq 0,92$	9.269,4	8.210,0	7.770,1	7.769,5	6.288,7	667,3
Desvio padrão ( $\sigma$ )**		933,7	938,9	309,4	309,9	272,5	0,0
Azul com irrigação noturna	0,7	7.737,4	7.169,2	6.860,1	6.857,6	5.770,7	877,1
Desvio padrão ( $\sigma$ )**		752,4	742,1	350,1	347,7	295,5	0,0
Azul sem irrigação noturna	0,7	12.219,6	10.769,7	10.209,9	10.209,1	8.259,3	877,1
Desvio padrão ( $\sigma$ )**		1.223,9	1.233,2	403,8	403,5	357,4	0,0
Convencional com irrig. noturna	$\geq 0,92$	8.376,7	7.927,0	7.606,6	7.598,7	6.460,5	757,0
Desvio padrão ( $\sigma$ )**		839,4	839,0	451,3	452,2	388,9	0,0
Convencional sem irrig. noturna	$\geq 0,92$	14.323,2	12.728,9	12.088,8	12.092,1	9.782,0	757,0
Desvio padrão ( $\sigma$ )**		1.490,9	1.507,2	553,7	553,6	482,4	0,0
Convencional com irrig. noturna	0,7	10.855,8	10.273,1	9.931,1	9.936,7	8.426,7	995,0
Desvio padrão ( $\sigma$ )**		1.126,5	1.123,0	624,6	616,7	530,4	0,0
Convencional sem irrig. noturna	0,7	18.828,0	16.702,9	15.876,3	15.892,3	12.855,1	995,0
Desvio padrão ( $\sigma$ )**		1.960,5	1.989,8	720,8	724,4	638,2	0,0

\* cos $\phi$  – fator de potência da instalação

\*\* Desvio padrão encontrado nas 10.000 simulações

A tarifa convencional, dentro das mesmas condições estabelecidas para as demais modalidades de tarifação, sempre se mostrou como uma opção onerosa e desfavorável ao agricultor. A Tabela 41 permite verificar também, que cuidados com o valor do fator de potência da instalação devem ser tomados. Dentro das mesmas condições de tarifação, a ocorrência de um fator de potência (cos  $\phi$ ) igual a 0,7 aumenta em média, 31,0% as despesas com energia elétrica.

### 4.2.2.3 Determinação do consumo e gasto com diesel

As duas propriedades analisadas não possuem sistema diesel para realização do bombeamento, o sistema existente é elétrico. Como o módulo “Fonte de energia” realiza também análises de consumo e despesa com diesel, resolveu-se fazer para as propriedades Faria e Macaubas algumas análises de simulação considerando o motor diesel operando o sistema de recalque de água para irrigação. O consumo específico de diesel utilizado nas análises baseou-se na potência demandada pela bomba hidráulica de cada sistemas de irrigação existente nas duas propriedades, e foi de 200g/cv.h ou 3,4 L/h para a propriedade Faria e 165 g/cv.h ou 28 L/h para a propriedade Macaubas. O preço do diesel utilizado nas simulações foi de 0,3949dólares/L.

As Tabelas 42 e 43 apresentam, respectivamente, os valores médios de consumo e despesa com óleo diesel nas propriedades Faria e Macaubas, para realizar as irrigações nos anos de desenvolvimento da cultura, de acordo com os manejos de irrigação 1 a 6.

Tabela 42. Consumo anual médio de diesel (m<sup>3</sup>/ano) para realizar as irrigações, nos anos de desenvolvimento da cultura do cafeeiro, nas propriedades Faria e Macaubas, situadas nas regiões de Lavras e Araguari, MG, respectivamente.

Manejo da irrigação	Consumo de diesel para realizar as irrigações (m <sup>3</sup> /ano)							
	Implantação	$\sigma$ *	Ano 1-2	$\sigma$ *	Ano 2-3	$\sigma$ *	Ano Xn	$\sigma$ *
Fazenda Faria, Lavras – MG								
Manejo 1	2,74	0,20	3,74	0,32	4,58	0,39	5,43	0,49
Manejo 2	2,33	0,20	3,33	0,33	4,22	0,40	5,13	0,51
Manejo 3	2,35	0,20	3,33	0,28	4,09	0,35	4,90	0,45
Manejo 4	2,22	0,24	3,00	0,21	3,64	0,19	4,32	0,21
Manejo 5	1,62	0,11	2,22	0,13	2,68	0,16	3,12	0,17
Manejo 6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fazenda Macaubas, Araguari – MG								
Manejo 1	18,89	1,65	28,26	1,49	33,38	1,65	35,97	4,14
Manejo 2	15,02	1,77	23,91	1,25	29,55	1,54	32,30	4,15
Manejo 3	16,08	1,08	22,07	1,05	26,58	1,53	31,17	1,89
Manejo 4	16,10	1,09	22,07	1,04	26,55	1,52	31,18	1,90
Manejo 5	13,21	0,84	18,20	0,99	21,82	1,46	25,17	1,66
Manejo 6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

\* Desvio padrão encontrado nas 10.000 simulações

Tabela 43. Despesas anuais médias com diesel (dólar/ano) para realizar as irrigações, nos anos de desenvolvimento da cultura do cafeeiro, nas propriedades Faria e Macaubas, situadas nas regiões de Lavras e Araguari, MG, respectivamente.

Manejo da irrigação	Despesas com diesel para realizar as irrigações (dólar/ano)							
	Implantação	$\sigma$ *	Ano 1-2	$\sigma$ *	Ano 2-3	$\sigma$ *	Ano $X_n$	$\sigma$ *
Fazenda Faria, Lavras – MG								
Manejo 1	1.080,1	78,8	1.475,3	128,0	1.809,5	155,6	2.142,9	194,9
Manejo 2	920,8	80,0	1.315,0	128,5	1.667,8	159,9	2.024,0	200,1
Manejo 3	927,5	78,1	1.314,8	111,4	1.616,5	139,1	1.936,6	176,6
Manejo 4	877,2	93,8	1.185,3	83,2	1.436,0	76,0	1.704,1	84,1
Manejo 5	640,2	41,7	878,0	51,8	1.058,1	62,8	1.233,9	68,8
Manejo 6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Fazenda Macaubas, Araguari – MG								
Manejo 1	7.458,4	650,6	11.161,4	589,9	13.183,1	652,5	14.203,8	1.633,8
Manejo 2	5.933,3	699,2	9.441,0	494,6	11.667,5	609,4	12.755,6	1.637,2
Manejo 3	6.350,7	425,2	8.715,3	415,9	10.498,3	604,4	12.310,4	746,7
Manejo 4	6.359,5	432,1	8.715,8	409,9	10.484,4	601,9	12.313,4	750,6
Manejo 5	5.217,0	330,1	7.185,3	391,2	8.616,0	575,7	9.940,0	657,1
Manejo 6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

\* Desvio padrão encontrado nas 10.000 simulações

Em relação aos valores de despesas encontrados para a cultura adulta (ano  $X_n$ ), os resultados apresentados na Tabela 43 permitem observar que as despesas com diesel nos anos de implantação, 1-2 e 2-3 foram, em média, respectivamente menores em 50,6%, 31,5% e 15,9% na propriedade Faria e 49,1%, 26,7% e 11,7% na propriedade Macaubas.

#### a) Contraste entre as despesas relativas de energia elétrica e diesel

Os valores mostrados nas Tabelas 44 e 45 apresentam, respectivamente, para a cultura adulta do cafeeiro (ano  $X_n$ ) das propriedades Macaubas e Faria, as despesas com energia elétrica e diesel em relação à lâmina aplicada, tempo de aplicação e área irrigada. Os valores referem-se à uma análise simples dos dois recursos, não sendo considerados os custos com a estrutura física e os serviços necessários à utilização dos dois sistemas.

Tabela 44. Despesas anuais relativas com energia elétrica e diesel, para realizar a irrigação do cafeeiro adulto, na Fazenda Macaubas, situada em Araguari, MG, a partir de vários enquadramentos de tarifação horo-sazonais.

Despesas relativas com energia elétrica e diesel na Fazenda Macaubas					
Manejo 1	Manejo 2	Manejo 3	Manejo 4	Manejo 5	Unidade
Tarifa verde ou azul com irrigação noturna ( $\cos \varphi^* \geq 0,92$ ) / lâmina irrigação . área irrigada					
0,1566	0,1616	0,1591	0,1591	0,1661	(dólar/mm.ha)
Tarifa verde ou azul sem irrigação noturna ( $\cos \varphi^* \geq 0,92$ ) / lâmina irrigação . área irrigada					
0,2439	0,2404	0,2358	0,2357	0,2362	(dólar/mm.ha)
Tarifa convencional com irrigação noturna ( $\cos \varphi^* \geq 0,92$ ) / lâmina irrigação . área irrigada					
0,2203	0,2322	0,2308	0,2305	0,2428	(dólar/mm.ha)
Tarifa convencional sem irrigação noturna ( $\cos \varphi^* \geq 0,92$ ) / lâmina irrigação . área irrigada					
0,3767	0,3728	0,3668	0,3668	0,3676	(dólar/mm.ha)
Despesa com diesel / lâmina irrigação . área irrigada					
0,3736	0,3736	0,3736	0,3735	0,3736	(dólar/mm.ha)
Tarifa verde ou azul com irrigação noturna ( $\cos \varphi^* \geq 0,92$ ) / tempo de aplicação					
4,6343	4,7841	4,7099	4,7090	4,9169	(dólar/h)
Tarifa verde ou azul sem irrigação noturna ( $\cos \varphi^* \geq 0,92$ ) / tempo de aplicação					
7,2186	7,1144	6,9785	6,9783	6,9907	(dólar/h)
Tarifa convencional com irrigação noturna ( $\cos \varphi^* \geq 0,92$ ) / tempo de aplicação					
6,5208	6,8715	6,8324	6,8235	7,1863	(dólar/h)
Tarifa convencional sem irrigação noturna ( $\cos \varphi^* \geq 0,92$ ) / tempo de aplicação					
11,1499	11,0341	10,8585	10,8586	10,8810	(dólar/h)
Despesas com diesel / tempo de aplicação					
11,0570	11,0572	11,0576	11,0573	11,0567	(dólar/h)
Tarifa verde ou azul com irrigação noturna ( $\cos \varphi^* \geq 0,92$ ) / área irrigada					
60,5003	56,0870	53,2883	53,2919	44,9217	(dólar/ha)
Tarifa verde ou azul sem irrigação noturna ( $\cos \varphi^* \geq 0,92$ ) / área irrigada					
94,2379	83,4064	78,9553	78,9735	63,8683	(dólar/ha)
Tarifa convencional com irrigação noturna ( $\cos \varphi^* \geq 0,92$ ) / área irrigada					
85,1286	80,5585	77,3025	77,2223	65,6552	(dólar/ha)
Tarifa convencional sem irrigação noturna ( $\cos \varphi^* \geq 0,92$ ) / área irrigada					
145,5605	129,3592	122,8532	122,8870	99,4108	(dólar/ha)
Despesas com diesel / área irrigada					
144,3476	129,6301	125,1057	125,1362	101,0163	(dólar/ha)

\*  $\cos \varphi$  – fator de potência da instalação

Por possibilitar maior facilidade no entendimento dos valores, Gentil (2000) recomenda que os técnicos e agricultores que trabalham com irrigação, devem criar o hábito de calcular as despesas com energia de forma relativa. Por exemplo, a utilização do manejo que considera a realização de irrigações suplementares durante

todo o ano (manejo 1) no pivô central da propriedade Macaubas, adotando-se irrigações noturnas com a tarifa horo-sazonal verde, e possuindo fator de potência ( $\cos \phi$ ) maior que 0,92, custa em média, 0,1566 dólares por milímetro de água aplicado pelo pivô central em um hectare, 4,6343 dólares por hora de seu funcionamento, e 60,5003 dólares por hectare irrigado com o mesmo.

Tabela 45. Despesas anuais relativas com energia elétrica e diesel, para realizar a irrigação do cafeeiro adulto (ano  $X_n$ ), na Fazenda Faria, situada em Lavras, MG.

Despesas relativas com energia elétrica e diesel na Fazenda Faria					
Manejo 1	Manejo 2	Manejo 3	Manejo 4	Manejo 5	Unidade
Tarifa convencional / lâmina irrigação . área irrigada					
0,4881	0,4894	0,4906	0,4939	0,5004	(dólar/mm.ha)
Despesa com diesel / lâmina irrigação . área irrigada					
0,8070	0,8069	0,8068	0,8071	0,8067	(dólar/mm.ha)
Tarifa convencional / tempo de aplicação					
0,8122	0,8144	0,8165	0,8217	0,8329	(dólar/h)
Despesas com diesel / tempo de aplicação					
1,3427	1,3427	1,3427	1,3427	1,3427	(dólar/h)
Tarifa convencional / área irrigada					
96,0148	90,9333	87,2370	77,2519	56,6963	(dólar/ha)
Despesas com diesel / área irrigada					
158,7333	149,9259	143,4519	126,2296	91,4000	(dólar/ha)

Baseando-se nos recursos que são consumidos, energia elétrica e diesel, as Tabelas 44 e 45 permitem verificar que o sistema elétrico utilizado nas duas propriedades é muito mais vantajoso do que o sistema diesel. É importante observar também, que ainda não se pode inferir nada a respeito de qual manejo de irrigação seria mais vantajoso. Uma análise assim, somente poderá ser realizada no módulo “Custo de produção análise de risco”.

#### 4.2.2.4 Determinação do consumo e gasto com água

As duas propriedades estão localizadas em regiões onde não é feito a cobrança pela demanda e consumo da água. No entanto, devido ao aumento dos problemas advindos do uso deste recurso e das freqüentes discussões políticas e



jornalísticas que vêm ocorrendo sobre o tema, acredita-se que em breve ocorrerá a regulamentação da cobrança da água para a atividade agrícola na maioria das regiões do país. O módulo “Fonte de energia” possibilita também uma análise do consumo e despesa com a água necessária nas irrigações. Os valores cobrados pela utilização da água nas duas propriedades foram baseados nas taxas aplicadas no “Perímetro Senador Nilo Coelho”. A taxa de demanda foi estipulada em 10 centavos de dólar por hectare irrigado, e a taxa de consumo ficou em 10 dólares por 1.000m<sup>3</sup> de água utilizados nas irrigações, tanto no período seco como no período úmido.

A Tabela 46 apresenta as despesas anuais médias com água para a realização das irrigações nos anos de desenvolvimento da cultura, nas propriedades Faria e Macaubas, utilizando-se dos manejos de irrigação 1 a 6.

Tabela 46. Despesas anuais médias com água (dólar/ano) para realizar as irrigações, nos anos de desenvolvimento do cafeeiro, nas propriedades Faria e Macaubas, situadas nas regiões de Lavras e Araguari, MG, respectivamente.

Manejo da irrigação	Despesas com água para realizar as irrigações (dólar/ano)							
	Implantação	$\sigma$ *	Ano 1-2	$\sigma$ *	Ano 2-3	$\sigma$ *	Ano Xn	$\sigma$ *
Fazenda Faria, Lavras – MG								
Manejo 1	183,0	11,9	242,7	19,4	293,2	23,5	343,6	29,5
Manejo 2	158,9	12,1	218,5	19,4	271,8	24,2	325,7	30,2
Manejo 3	159,9	11,8	218,5	16,8	264,1	21,0	312,4	26,7
Manejo 4	152,3	14,2	198,9	12,6	236,8	11,5	277,3	12,7
Manejo 5	116,5	6,3	152,5	7,8	179,7	9,5	206,2	10,4
Manejo 6	19,8	0,0	19,8	0,0	19,8	0,0	19,8	0,0
Fazenda Macaubas, Araguari – MG								
Manejo 1	2.578,9	212,4	3.787,8	192,6	4.447,8	213,0	4.781,0	533,4
Manejo 2	2.081,0	228,3	3.226,1	161,5	3.953,0	198,9	4.308,2	534,5
Manejo 3	2.217,3	138,8	2.989,2	135,8	3.571,3	197,3	4.162,9	243,8
Manejo 4	2.220,1	141,1	2.989,4	133,8	3.566,7	196,5	4.163,9	245,0
Manejo 5	1.847,2	107,8	2.489,7	127,7	2.956,8	187,9	3.389,0	214,5
Manejo 6	144,0	0,0	144,0	0,0	144,0	0,0	144,0	0,0

\* Desvio padrão encontrado nas 10.000 simulações

As despesas mínimas com água para irrigação ocorreram no manejo que não realiza irrigações suplementares ao longo do ano (manejo 6). Os valores de 19,8dólares/ano para a Fazenda Faria e 144,0dólares/ano para a Fazenda Macaubas, deve-se a aplicação exclusiva da tarifa de demanda, já que não houve consumo. As

maiores despesas com água deu-se no manejo que realiza irrigações suplementares durante todo o ano (manejo 1), sendo que para a cultura adulta (ano  $X_n$ ), foi observado um valor de 343,60dólares/ano para a Fazenda Faria e 4.781,00dólares/ano para a Fazenda Macaubas.

O valor da tarifa de demanda de água, utilizada nas análises, foi ajustada à realidade da agricultura irrigada nas regiões onde se encontram as propriedades Faria e Macaubas e o valor estipulado foi de 10 centavos de dólar por hectare irrigado. Os valores apresentados na Tabela 47, mostram como ficariam as despesas com água de irrigação para as duas propriedades analisadas, caso a tarifa cobrada pela demanda de água fosse exatamente igual a do Perímetro Senador Nilo Coelho, que considera uma tarifa de 4,60 dólares por hectare irrigado.

Tabela 47. Despesas anuais médias com água (dólar/ano) para realizar as irrigações, nos anos de desenvolvimento da cultura do cafeeiro, aplicando as tarifas do Projeto Senador Nilo Coelho, nas propriedades Faria e Macaubas, situadas nas regiões de Lavras e Araguari, MG, respectivamente.

Manejo da irrigação	Despesas com água para realizar as irrigações (dólar/ano)							
	Implantação	$\sigma$ *	Ano 1-2	$\sigma$ *	Ano 2-3	$\sigma$ *	Ano $X_n$	$\sigma$ *
Fazenda Faria, Lavras – MG								
Manejo 1	1.072,0	11,9	1.131,8	19,4	1.182,3	23,5	1.232,7	29,5
Manejo 2	1.048,0	12,1	1.107,5	19,4	1.160,9	24,2	1.214,7	30,2
Manejo 3	1.049,0	11,8	1.107,5	16,8	1.153,1	21,0	1.201,5	26,7
Manejo 4	1.041,4	14,2	1.087,9	12,6	1.125,8	11,5	1.166,4	12,7
Manejo 5	1.005,6	6,3	1.041,5	7,8	1.068,7	9,5	1.095,3	10,4
Manejo 6	908,8	0,0	908,8	0,0	908,8	0,0	908,8	0,0
Fazenda Macaubas, Araguari – MG								
Manejo 1	9.058,9	212,4	10.267,8	192,6	10.927,8	213,0	11.261,0	533,4
Manejo 2	8.561,0	228,3	9.706,1	161,5	10.433,0	198,9	10.788,2	534,5
Manejo 3	8.697,3	138,8	9.469,2	135,8	10.051,3	197,3	10.642,9	243,8
Manejo 4	8.700,1	141,1	9.469,4	133,8	10.046,7	196,5	10.643,9	245,0
Manejo 5	8.327,2	107,8	8.969,7	127,7	9.436,8	187,9	9.869,0	214,5
Manejo 6	6.624,0	0,0	6.624,0	0,0	6.624,0	0,0	6.624,0	0,0

\* Desvio padrão encontrado nas 10.000 simulações

O aumento nas despesas com água para irrigação, nesta nova situação, foi significativo: 889,00dólares/ano para a Fazenda Faria, e 6.480,00dólares/ano para a Fazenda Macaubas. Excluindo-se o manejo que não considera a realização das irrigações

(manejo 6), verifica-se nos anos de desenvolvimento da cultura, que haveriam aumentos nas despesas correspondentes a:

- 589,7%, 442,0%, 367,4% e 313,6%, respectivamente, para os anos de implantação, 1-2, 2-3 e  $X_n$  (cultura adulta) na Fazenda Faria;
- 299,4%, 213,3%, 178,4% e 146,6%, respectivamente, para os anos de implantação, 1-2, 2-3 e  $X_n$  (cultura adulta) na Fazenda Macaubas.

Com a tarifa de demanda em 4,6dólares/ha, as despesas com água superariam em 202,8% as despesas com energia elétrica nas tarifas horo-sazonais verde e azul na Fazenda Macaubas, e equivaleriam a tarifa convencional da Fazenda Faria.

As discussões sobre a regulamentação do uso e tarifação da água estão apenas começando na maioria das regiões do país. Os resultados das Tabelas 46 e 47 mostram apenas o quanto é importante que os técnicos e agricultores estejam atentos para a nova realidade. Incluir as despesas e a falta do recurso água no planejamento das empresas agrícolas poderá evitar o fracasso de muitos projetos de irrigação no futuro.

#### **4.2.2.5 Simulação dos gastos com energia e água na Fazenda Macaubas a partir da precipitação provável de Lavras**

Baseando-se nas mesmas considerações que foram realizadas na hipótese descrita no Item 4.2.1.6, os valores apresentados na Tabela 48 mostram os resultados obtidos em diversas análises no módulo “Fonte de energia”, para os dados originais do “cenário fonte de energia” da Fazenda Macaubas, porém considerando a precipitação provável a 75% de probabilidade igual a que ocorre na região de Lavras.

A Tabela 48 apresenta para a Fazenda Macaubas, os valores de lâmina de irrigação, volume total aplicado, tempo total de aplicação, consumo e despesas com energia elétrica, consumo e despesas com diesel e despesas com água para irrigação. Os valores são médios e foram obtidos a partir de simulações com a utilização dos manejos 1 a 6 de irrigação, nos anos de desenvolvimento do cafeeiro. A função linear-exponencial estimou o armazenamento de água no solo, e a evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ) foi simulada pela distribuição de probabilidade normal.

Tabela 48. Valores anuais médios de lâmina, volume, tempo, consumo e despesas com energia e água, obtidos nas simulações para a Fazenda Macaubas, situada na região de Araguari, MG, com as precipitações prováveis da região de Lavras, MG.

Anos de desen- volvimento	Manejo da irrigação					
	Manejo 1	Manejo 2	Manejo 3	Manejo 4	Manejo 5	Manejo 6
Lâmina de irrigação (mm/ano)						
Implantação	242,3	213,0	228,8	215,2	146,7	0,0
Ano 1-2	360,1	321,4	321,6	278,2	200,4	0,0
Ano 2-3	448,6	408,3	392,0	327,0	241,0	0,0
Ano $\bar{X}_n$	532,4	502,2	474,1	384,1	278,5	0,0
Volume total aplicado (1.000 m <sup>3</sup> /ano)						
Implantação	238,4	209,6	225,2	211,7	144,3	0,0
Ano 1-2	354,3	316,2	316,4	273,7	197,2	0,0
Ano 2-3	441,4	401,8	385,7	321,8	237,2	0,0
Ano $\bar{X}_n$	523,9	494,1	466,5	377,9	274,0	0,0
Tempo total de aplicação (horas/ano)						
Implantação	805,4	708,0	760,8	715,2	487,6	0,0
Ano 1-2	1.197,0	1.068,4	1.068,9	924,7	666,4	0,0
Ano 2-3	1.491,3	1.357,5	1.303,0	1.087,0	801,2	0,0
Ano $\bar{X}_n$	1.769,9	1.669,4	1.575,9	1.276,7	925,7	0,0
Consumo de energia elétrica (kWh/ano)						
Implantação	102.609,4	90.192,6	96.920,0	91.118,7	62.124,4	0,0
Ano 1-2	152.494,1	136.111,6	136.181,4	117.804,6	84.892,6	0,0
Ano 2-3	189.994,1	172.940,0	165.999,4	138.483,5	102.076,4	0,0
Ano $\bar{X}_n$	225.482,5	212.679,1	200.771,4	162.650,1	117.932,4	0,0
Despesas com energia elétrica (dólar/ano)						
Implantação	5.084,3	4.390,2	4.083,6	3.692,1	2.796,2	667,3
Ano 1-2	5.990,3	5.401,3	5.042,7	4.389,2	3.364,1	667,3
Ano 2-3	6.895,7	6.397,1	5.897,4	5.084,1	3.934,6	667,3
Ano $\bar{X}_n$	7.836,0	7.498,5	6.952,8	5.928,3	4.478,8	667,3
Consumo de diesel (m <sup>3</sup> /ano)						
Implantação	22,6	19,8	21,3	20,0	13,7	0,0
Ano 1-2	33,5	29,9	29,9	25,9	18,7	0,0
Ano 2-3	41,8	38,0	36,5	30,4	22,4	0,0
Ano $\bar{X}_n$	49,6	46,7	44,1	35,7	25,9	0,0
Despesas com diesel (dólar/ano)						
Implantação	8.905,7	7.828,0	8.411,9	7.908,4	5.391,9	0,0
Ano 1-2	13.235,3	11.813,5	11.819,5	10.224,6	7.368,0	0,0
Ano 2-3	16.490,1	15.009,9	14.407,5	12.019,3	8.859,5	0,0
Ano $\bar{X}_n$	19.570,2	18.459,0	17.425,4	14.116,8	10.235,7	0,0
Despesas com água para irrigação (dólar/ano)						
Implantação	3.051,4	2.699,6	2.890,2	2.725,8	1.904,3	144,0
Ano 1-2	4.464,8	4.000,7	4.002,6	3.481,9	2.549,4	144,0
Ano 2-3	5.527,4	5.044,2	4.847,5	4.067,9	3.036,3	144,0
Ano $\bar{X}_n$	6.532,9	6.170,2	5.832,7	4.752,6	3.485,6	144,0

Em relação às despesas com água e energia que foram encontrados nos anos de desenvolvimento da cultura com os dados originais da Fazenda Macaubas (Tabelas 36 a 40, 42, 43 e 46), verificou-se, em média, que os manejos de irrigação 1, 2, 3, 4 e 5 proporcionaram, respectivamente, valores 24,5%, 31,6%, 35,4%, 16,8%, 2,7% maiores (lâminas de irrigação, volume, tempo, consumo e despesas com energia elétrica, diesel e água) quando se adotou no “cenário fonte de energia” da Fazenda Macaubas a precipitação provável a 75% de probabilidade da região de Lavras.

#### **4.2.2.6 Resultados alcançados no módulo “Fonte de energia”**

Os resultados apresentados nos itens acima permitem verificar que o módulo “Fonte de energia” mostrou-se versátil, fácil de ser trabalhado e interessante ao estudo de questões ligadas à atividade da agricultura irrigada. Cabe ressaltar, no entanto, que na realização das análises observou-se a necessidade de acrescentar rotinas destinadas à determinação e cálculo de alguns parâmetros estatísticos mensais (menor e maior valor, moda, média, desvio padrão, frequência) da lâmina de irrigação, volume total aplicado, tempo total de aplicação, consumo e despesas com energia elétrica, diesel e água para irrigação. Embora a determinação das referidas informações estejam fora da necessidade do presente trabalho, a disposição dos parâmetros estatísticos mensais no módulo, auxiliariam na indicação dos meses do ano que mereceriam cuidados com o manejo da irrigação e gastos com energia.

Com o tempo médio para realizar as irrigações nos anos de desenvolvimento da cultura e o desvio padrão (Tabela 38), foi possível quantificar os serviços para manter em manutenção e operação os sistema de irrigação das Fazendas Macaubas e Faria. Os resultados mostrados na Tabela 49, foram obtidos com o produto entre o tempo apresentado na Tabela 38, a 80% de probabilidade, a área coberta pelo sistema de irrigação (em ha), e os coeficientes  $0,00094\text{h}/(\text{h.ha})$ , para o sistema pivô central, e  $0,0138678\text{h}/(\text{h.ha})$  para o sistema gotejamento. A unidade “h/(h.ha)” refere-se a hora de mão-de-obra necessária por hora de funcionamento do sistema de

irrigação em 1 hectare. O coeficiente utilizado para o pivô central foi retirado de dados apresentados por Mello (1993).

Os resultados apresentados na Tabela 49 compõem a quantificação de mão-de-obra que estava faltando na Tabela 20 do capítulo Material e Métodos.

Tabela 49. Quantificação dos serviços para manutenção e operação dos sistemas de irrigação das Fazendas Faria e Macaubas (dia-homem por ha, no ano), situadas nas regiões de Lavras e Araguari, MG, respectivamente.

Anos de desenvolvimento	Unidade	Manejos de irrigação					
		Manejo 1	Manejo 2	Manejo 3	Manejo 4	Manejo 5	Manejo 6
Fazenda Faria, sistema de irrigação por gotejamento							
Ano Implantação	DH/ha ano	20	17	17	17	12	0
Ano 1-2	DH/ha ano	28	25	24	22	16	0
Ano 2-3	DH/ha ano	34	31	30	26	19	0
Anos 3-4 a $X_{i-1}-X_i$	DH/ha ano	40	38	36	31	22	0
Fazenda Macaubas, sistema de irrigação pivô central							
Ano Implantação	DH/ha ano	9	7	7	7	6	0
Ano 1-2	DH/ha ano	12	11	10	10	8	0
Ano 2-3	DH/ha ano	15	13	12	12	10	0
Anos 3-4 a $X_{i-1}-X_i$	DH/ha ano	16	15	14	14	11	0

DH – “dia-homem”, considerado igual à 8h de mão-de-obra por dia.

#### 4.2.3 Avaliação do módulo “Análise estatística dos dados amostrados”

No *MORETTI*, o valor inicial dos itens de custo fixo e variável, e os valores residual, manutenção e vida útil dos itens de custo fixo podem sofrer variações. Os itens considerados variáveis, poderão ter os seus valores ajustados com as distribuições de probabilidade normal, triangular e uniforme. Nas análises realizadas para as Fazendas Faria e Macaubas, os valores residual, manutenção e vida útil foram considerados constantes, e o valor inicial de cada bem ou produto, foi considerado variável. Quando houve a falta de ajuste ou de maiores informações sobre o valor de um dado bem ou produto, assumiu-se que o mesmo permaneceria constante ao longo da vida útil da cultura.

As análises de teste de aderência foram realizadas no módulo “Análise estatística dos dados amostrados”, que foi desenvolvido especialmente para essa finalidade, dada a dificuldade de se calcular testes estatísticos manualmente. As análises serviram para identificar a melhor distribuição de probabilidade e determinar, conseqüentemente, os parâmetros para simular os indicadores econômicos dos itens que compõem o custo de produção das duas propriedades. Nas Tabelas 86 a 88 do Anexo estão dispostos os parâmetros das distribuições de probabilidade obtidos nas análises de teste de aderência que foram realizadas.

Os materiais e serviços, que constituem parte do custo variável das duas propriedades, apresentam um total de 24 itens (Tabela 88 do Anexo). Nas análises com o módulo “Análise estatística dos dados amostrados”, verificou-se que 9 itens tiveram os seus preços ajustando-se à uma distribuição uniforme, 3 itens seguem a distribuição triangular, e 3 itens ajustou-se a distribuição normal. Devido à falta de dados, ou por não se ajustarem bem às três distribuições de probabilidade existentes no módulo, 9 itens foram considerados com valor constante. Como já foi mencionado anteriormente, todos os itens físicos que participaram do custo fixo tiveram valor constante. Assim, não foi considerado o risco de variação dos custos fixos ao longo do ciclo de vida útil da cultura.

O módulo “Análise estatística dos dados amostrados”, mostrou-se eficiente e rápido na solução dos problemas envolvendo teste de aderência dos indicadores econômicos (valores inicial, residual, vida útil e manutenção) dos itens de custo de produção (fixos e variáveis) que participam das análises econômicas. Operações extremamente trabalhosas puderam ser realizadas em pouco tempo, livre de erros e sem maiores dificuldades. Como limitação na utilização do módulo, pode-se citar a ausência de um banco de dados para armazenar todas as séries de valores que constituem os indicadores econômicos, e servem para determinar os parâmetros estatísticos. Atualmente, o módulo possui espaço apenas para o armazenamento dos parâmetros estatísticos da melhor distribuição de probabilidade encontrada no teste de aderência.

#### **4.2.4 Avaliação do módulo “Custo de produção com análise de risco”**

Antes de executar as simulações de custo de produção com análise de risco para a cultura do cafeeiro, algumas análises para verificar os procedimentos utilizados no módulo são necessárias. As análises de verificação consistiram basicamente em avaliar a série de preços de café a ser adotada, a melhor percentagem de venda do café ao longo dos trimestres do ano, e o ajuste da função de produção do cafeeiro que foi utilizada.

##### **4.2.4.1 Avaliação das séries de preços do café**

No desenvolvimento do módulo “Custo de produção com análise de risco”, algumas séries mensais de preços do café foram introduzidas como opção, para realizar a simulação dos valores de venda do produto no mercado. As séries utilizadas tiveram os seus valores atualizados, e os procedimentos adotados na operação, foram os mesmos especificados no Item 3.4.3.1 do capítulo Material e Métodos, para os valores monetários dos itens variáveis e fixos que compõe o custo de produção.

As séries de preços de café beneficiado disponíveis como opção no módulo são: Cooparaíso (1990 a 1999); café do Paraná (1998 a 2000); café do Cerrado (1997 a 2000); café de Mogiana (1997 a 2000) café do Sul de Minas (1997 a 2000) e café Paulista (1997 a 2000). No próprio modelo, especificamente no módulo “Série de preços do café”, já existe uma série de preços da Cooparaíso maior do que os 10 anos que estão sendo utilizados. A série inteira não foi considerada porque não representa a condição atual e as expectativas futuras de mercado do café.

A Tabela 50 e as Figuras 47 a 49, apresentam os valores médios da saca de café beneficiado simulados ao longo do ciclo de vida útil da cultura. Os resultados foram obtidos considerando a cultura do cafeeiro com vida útil de 18 anos, e valor “semente” do preço da saca de café de 90 dólares, no mês de outubro. Todas as análises foram realizadas com 1.500 simulações e a forma de venda do produto ao longo do ano foi de 25% da produção em cada trimestre.



Tabela 50. Valores médios da saca de 60 kg de café beneficiado, simulados a partir de cinco séries de preço, nos 18 anos de vida da cultura do cafeeiro.

Vida da cultura (anos)	Séries de preços analisadas (dólar/sc)											
	Cooparaíso	$\sigma^*$	Paraná	$\sigma^*$	Cerrado	$\sigma^*$	Mogiana	$\sigma^*$	Sul de Minas	$\sigma^*$	Paulista	$\sigma^*$
0 – 1**	113,53	3,45	105,55	2,85	157,29	3,70	156,15	4,03	155,54	3,96	153,18	3,45
1 – 2	104,40	2,16	91,98	1,89	115,90	3,42	115,31	3,47	115,41	3,42	112,28	3,28
2 – 3	102,20	3,14	109,95	3,36	115,73	3,00	115,44	3,03	115,43	3,03	111,07	2,91
3 – 4	89,42	1,38	105,55	2,76	95,70	2,42	95,40	2,48	95,38	2,49	91,72	2,35
4 – 5	76,51	2,72	92,01	1,74	157,53	3,83	156,22	3,99	155,45	3,97	153,17	3,58
5 – 6	85,98	1,02	110,12	3,36	115,98	3,31	115,30	3,54	115,22	3,37	112,33	3,29
6 – 7	141,02	5,43	105,44	2,81	115,65	3,04	115,35	3,07	115,41	3,09	111,13	2,88
7 – 8	122,73	1,48	91,92	1,75	95,39	2,52	95,43	2,41	95,30	2,57	91,86	2,31
8 – 9	100,28	1,71	110,16	3,32	157,19	3,91	156,10	3,92	155,39	4,01	153,16	3,53
9 – 10	151,16	3,95	105,54	2,78	116,16	3,33	115,28	3,37	115,25	3,51	112,46	3,39
10 – 11	113,68	3,39	92,02	1,85	115,62	3,03	115,44	3,00	115,31	3,05	111,09	2,95
11 – 12	104,48	2,12	110,01	3,34	95,35	2,47	95,34	2,46	95,32	2,48	91,71	2,44
12 – 13	102,02	3,19	105,59	2,73	157,08	3,66	156,23	3,87	155,08	4,01	153,34	3,48
13 – 14	89,34	1,42	91,95	1,72	116,03	3,17	115,14	3,46	115,10	3,45	112,53	3,35
14 – 15	76,41	2,78	109,98	3,38	115,77	2,92	115,37	3,07	115,40	3,07	111,04	2,93
15 – 16	85,93	0,99	105,57	2,84	95,50	2,54	95,48	2,55	95,20	2,60	91,66	2,46
16 – 17	141,12	5,44	92,03	1,77	156,98	4,02	156,23	3,91	155,13	4,06	153,15	3,51
17 – 18	122,71	1,45	110,17	3,33	115,91	3,24	115,28	3,39	114,99	3,50	112,54	3,12
Média	106,83		102,53		122,82		122,25		121,96		118,86	

\* Desvio padrão encontrado nas 1.500 simulações

\*\* Ano de implantação da cultura

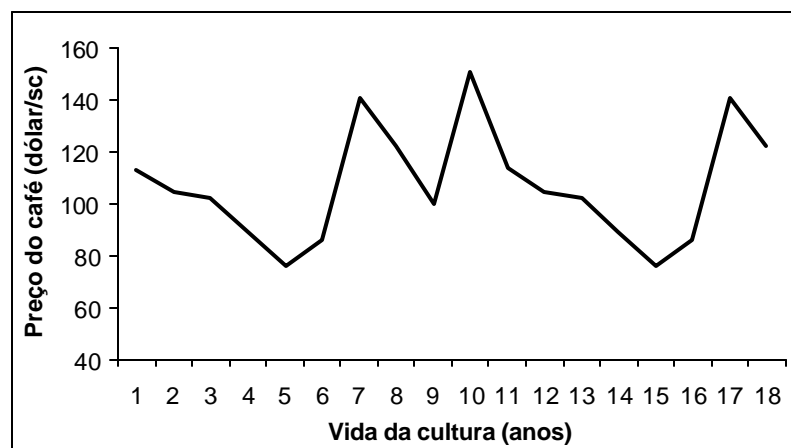


Figura 47 – Valores médios da saca de café beneficiado, simulados com a série de preços da Cooparaíso, nos 18 anos de vida da cultura.

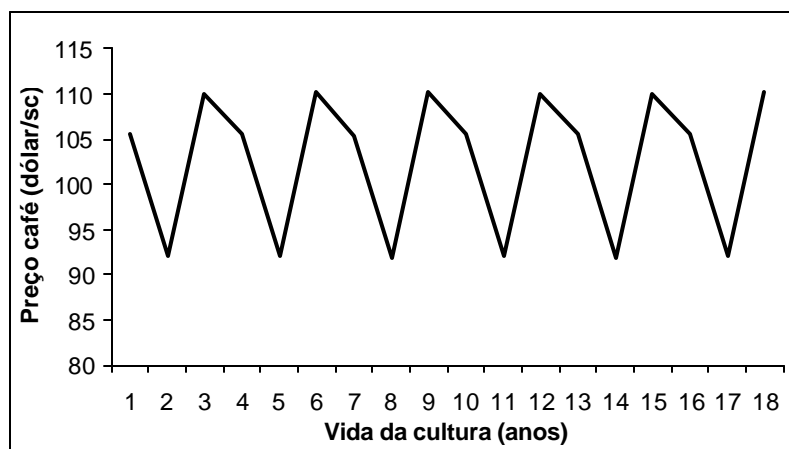


Figura 48 – Valores médios da saca de café beneficiado, simulados com a série de preços do Paraná, nos 18 anos de vida da cultura.

A variação apresentada pelas séries de preços do café do Cerrado, Mogiana, Sul de Minas e Paulista, com apenas 4 anos para serem analisados, é muito parecida e foram apresentadas numa única figura. A grandeza dos valores é que altera um pouco.

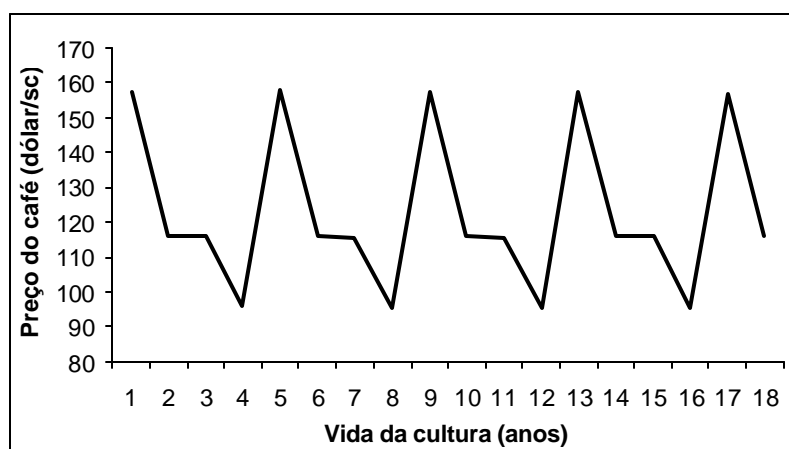


Figura 49 – Variação dos valores médios da saca de café beneficiado, simulados com a série de preços do café do Cerrado, Mogiana, Sul de Minas e Paulista, nos 18 anos de vida do cafeeiro.

Devido ao número diferente de anos nas séries de preço da Cooparaíso e Paraná, não é possível estabelecer comparações entre elas e as demais séries especificadas no modelo. Mas a comparação entre as séries de café do Cerrado, Mogiana, Sul de Minas e Paulista é possível.

Com relação aos valores apresentados nos dezoito anos simulados, verifica-se que os preços do café de Mogiana, Sul de Minas e Paulista ficaram em média, respectivamente, 0,43, 0,63 e 3,32dólares/saca abaixo da cotação de preço do café do Cerrado.

Como a série apresentada pela Cooparaíso é mais representativa que as demais séries analisadas, e também, apresenta um valor médio do preço da saca de café mais próximo das perspectivas atuais e futuras para o mercado em Minas Gérias, optou-se pela sua utilização para processar as análises de risco econômico nas propriedades Faria e Macaubas.

As séries de preços do café do Paraná, Cerrado, Mogiana, Sul de Minas e Paulista foram fornecidas pelo Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA), e são pequenas. O ideal seria séries dos últimos 8 a 10 anos. Alguns contatos com cooperativas e empresas foram realizados no intuito de se obter séries maiores, principalmente para o café do Cerrado e Sul de Minas, no entanto as tentativas foram frustradas. Ciente do problema, o mecanismo interno de entrada das séries de preços do café beneficiado no modelo foi realizado de forma bem simples, e nada impede que futuramente elas possam ser incrementadas e atualizadas ao longo do tempo.

#### **4.2.4.2 Percentagem ótima de venda do café ao longo dos trimestres do ano**

A função que estima o preço do café ao longo do tempo (Equação 53), considera a possibilidade do café produzido ser vendido em diferentes proporções ao longo dos trimestres do ano. As percentagem de venda trimestral encontram-se dispostas do módulo “Custo de produção com análise de risco” como uma opção para a realização das simulações com os preços do produto. Os valores das percentagens disponíveis como opção podem ser observadas na Tabela 51.

A Tabela 51 apresenta alguns parâmetros estatísticos obtidos após uma análise com a série de preços de café da Cooparaíso. As análises foram realizadas com 1.500 simulações, considerando-se uma vida útil da cultura de 18 anos, e valor “semente” de 90,00 dólares pela saca de café beneficiado de 60kg, no mês de outubro. A série de preços do café apresentada pela Cooparaíso foi escolhida aqui também, por ser mais representativa que as demais.

Tabela 51. Parâmetros estatísticos médios obtidos para o preço de venda do café beneficiado, em 18 anos, e em diferentes percentagens ao longo do ano.

Opção	Percentagem de venda do café nos trimestres (%)				Menor valor (dólar/sc)	Maior valor (dólar/sc)	Valor modal (dólar/sc)	Média (dólar/sc)	Desvio padrão (dólar/sc)	Valor 80% prob* (dólar/sc)	Valor pinçado** (dólar/sc)
	1º T	2º T	3º T	4º T							
1	25	25	25	25	100,17	113,59	106,93	106,83	2,62	109,04	107,36
2	25	0	50	25	101,06	113,30	107,57	107,20	2,65	109,43	108,25
3	0	0	100	0	99,74	113,58	106,15	106,62	4,02	110,00	106,51
4	0	0	50	50	97,30	110,78	104,95	104,03	3,07	106,61	103,87
5	15	0	70	15	100,45	113,33	106,69	106,99	3,00	109,52	106,98
6	20	10	40	30	100,23	112,38	106,52	106,43	2,49	108,52	106,49
7	20	40	20	20	99,75	113,27	106,52	106,51	2,95	109,00	106,30
8	15	15	20	50	98,14	111,89	104,84	104,92	2,74	107,23	103,49
9	30	20	20	30	100,36	113,62	107,37	107,01	2,63	109,22	107,79
10	30	30	10	30	99,96	113,45	106,85	106,86	2,84	109,25	105,64
11	30	30	0	40	99,35	113,33	106,55	106,32	3,04	108,88	105,03

\* Valor médio das 1.500 simulações, a 80% de probabilidade, para cada ano de vida da cultura.

\*\* Média dos valores “pinçados” aleatoriamente nas 1.500 simulações em cada ano de vida da cultura.

Nas simulações realizadas, verificou-se que apenas a opção 3 (0, 0, 100%, 0) de venda trimestral do café, nos 18 anos analisados, tem uma distribuição de frequência tendendo para uma distribuição de probabilidade uniforme. As demais opções de venda do café, na quase totalidade dos 18 anos analisados, têm uma distribuição de frequência tendendo para uma distribuição de probabilidade normal. O resultado encontrado para a opção 3, e para algumas exceções nas demais opções, já era esperado, pois a variação do preço do café dentro do trimestre foi considerado seguindo uma distribuição uniforme na função benefício (Equação 53). Como na opção 3 o preço do café é simulado dentro de um trimestre apenas, o variação dos preços

teria mesmo de seguir uma distribuição uniforme. As exceções verificadas nas demais opções de venda trimestral ocorrem quando os parâmetros da distribuição uniforme (menor e maior valor), nos trimestres de um mesmo ano, têm valores parecidos e próximos.

Dentro das opções de venda trimestral analisadas com a série de preços da Cooparaíso, os valores apresentados na Tabela 51 mostram que:

- é pouco provável que os agricultores recebam menos do que 97,30dólares/sc e mais do que 113,62 dólares/sc, em média, ao longo dos anos de vida útil do cafeeiro;
- de maneira geral, os valores encontrados para as opções de venda trimestral mostraram-se próximos. Entre os valores obtidos nas opções de venda trimestral, não foram observados desvios maiores que 3,76 , 2,83 , 2,74 , 3,18 e 3,39dólares/sc, respectivamente, para o menor e maior valor, moda, média e valor à 80% de probabilidade;
- a opção 2 mostrou-se como a melhor forma de venda trimestral do café beneficiado. Os parâmetros estatísticos obtidos com esta opção, na maioria das vezes, foi melhor ou apresentou resultado próximo aos alcançado pela melhor opção de venda;
- a 80% de probabilidade, o valor da opção 3 (110,00dólares/sc) foi o melhor resultado obtido, no entanto, o desvio padrão de 4,02dólares/sc apresentado pela mesma, foi o maior entre as demais opções;
- os piores resultados de venda trimestral do café foram obtidos com as opções 4 (0, 0, 50%, 50%) e 8 (15%, 15%, 20%, 50%)

As diferenças observadas entre os preços de venda trimestral do café foram pequenas. Porém, se analisarmos em termos de vida útil da cultura, a escolha da pior opção de venda pode até inviabilizar a execução de um projeto. Baseando-se na média de preço do café da Tabela 51, e considerando-se um projeto possuindo 100ha de área plantada, 16 anos de vida da cultura em produção e produtividade média 30 sacas de café por hectare, verifica-se que: os benefícios obtidos com o projeto seriam de

51.456,00dólares/ha para a opção 2 de venda trimestral, e 49.934,40dólares/ha para a opção 4. Como a área do projeto tem 100ha, a escolha da opção 2 representa, em média, um benefício de 152.160,00 dólares a mais que a opção 4.

A opção 2 (25%, 0, 50%, 25%) de venda trimestral do café mostrou-se mais indicada nas análises realizadas, e foi a percentagem escolhida para compor as análises de venda do café produzido nas propriedades Faria e Macaubas.

#### 4.2.4.3 Função de produção do cafeeiro

A função que estima a produtividade do cafeeiro ao longo de sua vida útil (Equação 52), considera que a produtividade do cafeeiro depende principalmente da produtividade do ano anterior, da produtividade máxima estimada para a cultura irrigada, e da evapotranspiração relativa ( $ER/ET_c$ ). A produtividade máxima esperada para a cultura é uma informação de entrada no modelo, de acordo com a experimentação e o pacote tecnológico que está sendo utilizado para os materiais e serviços. Os valores da produtividade do ano anterior e a evapotranspiração relativa vão sendo determinados continuamente, ao longo das simulações do balanço hídrico.

O coeficiente de resposta da cultura ao suprimento de água ( $K_y$ ) e penalização relativa à produtividade do ano anterior ( $K_{y0}$ ), foram baseados nas informações apresentadas por Picini (1998). No entanto, ajustes foram feitos nos valores para melhor representar a cultura do cafeeiro irrigado.

No ajuste do coeficiente  $K_y$ , considerou-se as informações de incrementos da produtividade encontradas por Alves (1999). Neste trabalho, a realização das irrigações que repunham 80% e 100% da lâmina evaporada pelo tanque classe A tiveram um incremento de 26,09% e 54,9% na produtividade, respectivamente, em relação à testemunha não irrigada. Baseando-se nas informações levantadas, o coeficiente  $K_y$  da Equação 52 foi ajustado, sendo de 1,27. Os valores de  $K_y$  relativos ao ciclo de um ano, apresentados por Picini (1998) para a mesma equação e diferentes durações das fases fenológicas em Gália, variaram de 0,96 a 1,23.

O coeficiente  $Ky_0$  foi ajustado baseando-se nas informações de Mansano (2000)<sup>16</sup>, que é proprietário da Fazenda Macaubas e adota a prática da irrigação do cafeeiro na região de Araguari desde 1990. As informações coletas sugerem que uma boa produtividade do cafeeiro irrigado em um ano é seguido por uma queda de 50% a 60% no ano seguinte. Assim, a opção adotada para realização do ajuste do  $Ky_0$  foi de que as irrigações contribuem para o incremento das produtividades, mas fatores fisiológicos e meteorológicos impedem que a produtividade da cultura seja uniforme ao longo dos anos. A máxima produtividade do cafeeiro também participou do ajuste do  $Ky_0$ . Sua ocorrência foi considerada no primeiro ou terceiro ano que sucede a primeira produção do cafeeiro, de acordo com as colocações de Rena & Maestri (1985) e Ormond et al. (1998). Baseando-se nas informações levantadas, o coeficiente  $Ky_0$  da Equação 52 foi ajustado e ficou em  $-0,95$ . Os valores de  $Ky_0$  apresentados por Picini (1998), para a mesma equação e diferentes durações das fases fenológicas em Gália-SP, variaram entre  $-0,82$  e  $-1,26$ .

O valor da primeira produção do cafeeiro e o ano de sua ocorrência é um opção a ser escolhida no modelo para a realização das análises de simulação com a função de produção. Conforme Camargo & Pereira (1994) e Ormond et al. (1999), a primeira produção ocorre do segundo para o terceiro ano após o plantio. A quantidade produzida geralmente fica entre 15% e 30% da apresentada pela cultura adulta.

As Tabelas 52 e 53 e Figuras 50 e 51 apresentam, respectivamente, para as propriedades Faria e Macaubas, um exemplo dos parâmetros estatísticos que podem ser obtidos após uma análise com a função de produção adotada. Os resultados foram obtidos considerando-se: 1.500 simulações, 18 anos de vida útil da cultura, produtividade máxima da cultura irrigada de 84sc/ha, coeficiente  $Ky$  igual a 1,27, coeficiente  $Ky_0$  igual a  $-0,95$ , primeira produção no ano 2-3, produtividade inicial de 25%, e cultura sem eventualidades. Para realização do balanço hídrico, os dados utilizados foram os originais, relativos às duas propriedades. A evapotranspiração de

---

<sup>16</sup> MANSANO, S.R. (Proprietário da Fazenda Macaubas, situada em Araguari, MG). Informação pessoal. nov. 2000.

referência (*ET<sub>o</sub>*) foi simulada considerando a distribuição normal, e o armazenamento de água no solo foi estimado pela equação linear-exponencial. Por serem extremos, o manejo que não considera a realização das irrigações suplementares (manejo 6) e o manejo de irrigação suplementar durante todo o ano (manejo 1), foram os manejos escolhidos para processar as análises.

Tabela 52. Parâmetros estatísticos da produtividade do cafeeiro, em 18 anos, obtidos com a função de produção (Equação 52) e manejo 6 de irrigação, para as propriedades Faria (F\*) e Macaúbas (M\*\*), situadas nas regiões de Lavras e Araguari, MG, respectivamente.

Vida da cultura (anos)	Menor valor (sc/ha)		Maior valor (sc/ha)		Valor modal (sc/ha)		Média (sc/ha)		Desvio padrão (sc/ha)		Valor 80% prob* (sc/ha)		Valor pinçado** (sc/ha)	
	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M
Implantação	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1 – 2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2 – 3	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	0,0	0,0	21,0	21,0	21,0	21,0
3 – 4	36,0	45,5	50,6	54,2	42,1	49,6	43,0	49,6	2,6	1,3	45,2	50,6	43,8	47,8
4 – 5	9,3	16,6	35,9	29,6	23,3	22,1	22,1	22,5	3,6	1,8	25,1	24,1	24,6	16,8
5 – 6	30,0	39,8	58,4	56,8	43,5	48,7	41,9	48,3	4,2	2,2	45,5	50,1	38,9	47,0
6 – 7	4,4	15,1	38,9	32,0	24,4	23,1	23,1	23,7	4,6	2,5	27,0	25,8	25,6	21,0
7 – 8	25,0	38,8	57,3	56,2	38,6	48,0	41,0	47,2	5,0	2,7	45,2	49,5	46,8	47,5
8 – 9	6,7	15,0	42,7	34,1	23,7	24,0	24,0	24,6	5,3	2,8	28,5	27,0	27,6	25,5
9 – 10	19,9	35,5	57,3	55,8	39,6	47,3	40,2	46,2	5,5	3,1	44,8	48,8	39,1	48,7
10 – 11	6,4	14,4	46,6	37,7	27,5	25,4	24,9	25,8	5,6	3,4	29,6	28,6	25,8	30,3
11 – 12	20,8	34,3	60,0	56,6	37,3	43,7	39,2	45,0	5,9	3,5	44,1	48,0	41,9	41,5
12 – 13	6,0	14,4	43,5	37,7	27,7	26,7	25,8	26,8	6,0	3,6	30,8	29,9	26,6	30,8
13 – 14	18,8	33,5	57,2	56,8	37,0	43,3	38,6	44,2	6,2	3,6	43,8	47,2	25,1	47,4
14 – 15	4,7	16,0	46,2	39,0	24,4	28,1	26,5	27,7	6,4	3,7	31,9	30,8	23,2	30,7
15 – 16	17,8	32,4	60,0	54,7	40,0	45,3	38,0	43,3	6,5	3,8	43,4	46,4	45,9	42,7
16 – 17	4,5	16,3	46,9	38,9	29,0	29,4	27,0	28,5	6,7	3,9	32,7	31,8	30,0	23,8
17 – 18	17,3	31,4	58,7	55,7	36,9	41,6	37,5	42,5	6,8	4,0	43,2	45,9	53,4	44,5
<b>Total</b>	<b>248,5</b>	<b>420,0</b>	<b>781,4</b>	<b>716,7</b>	<b>516,1</b>	<b>567,2</b>	<b>513,9</b>	<b>567,0</b>	—	—	<b>582,0</b>	<b>605,5</b>	<b>539,3</b>	<b>567,1</b>

\* Valor médio das 1.500 simulações, a 80% de probabilidade, para cada ano de vida da cultura.

\*\* Média dos valores “pinçados” aleatoriamente nas 1.500 simulações, em cada ano de vida da cultura.



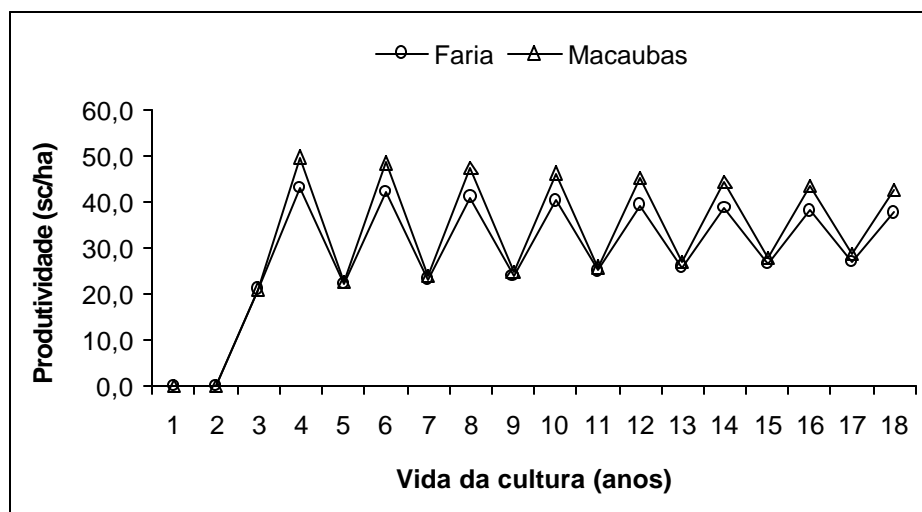


Figura 50 – Produtividades médias do cafeeiro, em 18 anos, obtidas com a função de produção (Equação 52) e manejo 6 de irrigação, para as propriedades Faria e Macaubas, situadas nas regiões de Lavras e Araguari, MG, respectivamente.

Baseando-se na média da produção alcançada ao longo da vida útil da cultura para as duas propriedades, os resultados apresentados na Tabela 52 e Figura 50 permitem verificar que:

- na propriedade Faria, as produtividades nos biênios menos produtivos, correspondentes aos anos 4-5, 6-7, 8-9, 10-11, 12-13, 14-15 e 16-17, ficaram menores, respectivamente, 48,6%, 44,9%, 41,4%, 38,0%, 34,3%, 31,3% e 28,9% que as produtividades nos biênios mais produtivos, correspondentes aos anos 3-4, 5-6, 7-8, 9-10, 11-12, 13-14 e 15-16. Em média, a diminuição da produtividade devido ao ciclo bienal do cafeeiro foi de 38,2%;
- na propriedade Macaubas, as produtividades nos biênios menos produtivos, correspondentes aos anos 4-5, 6-7, 8-9, 10-11, 12-13, 14-15 e 16-17, ficaram menores, respectivamente, 54,6%, 51,0%, 47,8%, 44,1%, 40,5%, 37,4% e 34,1% que as produtividades nos biênios mais produtivos, correspondentes aos anos 3-4,

- 5-6, 7-8, 9-10, 11-12, 13-14 e 15-16. Em média, a diminuição da produtividade devido ao ciclo bienal do cafeeiro ficou em 44,2%;
- para a propriedade Faria, em relação à produtividade máxima de 84sc/ha, as produtividades apresentadas nos anos 4-5, 6-7, 8-9, 10-11, 12-13, 14-15 e 16-17, ficaram menores, respectivamente, 73,7%, 72,5%, 71,4%, 70,3%, 69,3%, 68,5% e 67,8%. Em média, a produtividade nos biênios menos produtivos foram menores 70,5%. Considerando a mesma relação para os biênios mais produtivos, anos 3-4, 5-6, 7-8, 9-10, 11-12, 13-14, 15-16 e 17-18, verificou-se, respectivamente, produtividades menores 48,8%, 50,1%, 51,2%, 52,2%, 53,3%, 54,1%, 54,8% e 55,4%. Em média, a redução de produtividade nos biênios mais produtivos foi de 52,6%.
  - para a propriedade Macaubas, em relação à produtividade máxima de 84sc/ha, as produtividades apresentadas nos ano 4-5, 6-7, 8-9, 10-11, 12-13, 14-15 e 16-17, ficaram menores, respectivamente, 73,2%, 71,8%, 70,7%, 69,3%, 68,1%, 67,1% e 66,1%. Em média, a produtividade nos biênios menos produtivos foram menores 69,4%. Considerando a mesma relação para os biênios mais produtivos, anos 3-4, 5-6, 7-8, 9-10, 11-12, 13-14, 15-16 e 17-18, verificou-se, respectivamente, produtividades menores 41,0%, 42,5%, 43,8%, 45,0%, 46,4%, 47,4%, 48,5% e 49,4%. Em média, a redução de produtividade nos biênios mais produtivos foi de 45,5%.

As produtividades alcançadas na propriedade Macaubas sem a adoção da irrigação foram em média 10,3% maiores que as verificadas na propriedade Faria. Como a função de produção leva em consideração a evapotranspiração relativa ( $ER/ET_c$ ) nas simulações, o resultado apresentado na Tabela 52 e Figura 50 teria mesmo de ocorrer, devido ao fato já apresentado e discutido nos Itens 4.2.1.5.c, em que a deficiência hídrica anual média ocorrida na Fazenda Faria é maior que a verificada na Fazenda Macaubas.

Tabela 53. Parâmetros estatísticos da produtividade do cafeeiro, em 18 anos, obtidos com a função de produção (Equação 52) e manejo 1 de irrigação, para as propriedades Faria (F\*) e Macaubas (M\*), situadas nas regiões de Lavras e Araguari, MG, respectivamente.

Vida da cultura (anos)	Menor valor (sc/ha)		Maior valor (sc/ha)		Valor modal (sc/ha)		Média (sc/ha)		Desvio padrão (sc/ha)		Valor 80% prob* (sc/ha)		Valor pinçado** (sc/ha)	
	F*	M*	F*	M*	F*	M*	F*	M*	F*	M*	F*	M*	F*	M*
	Implantação	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1 – 2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2 – 3	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	0,0	0,0	21,0	21,0	21,0	21,0
3 – 4	80,6	78,5	86,6	86,6	86,0	85,8	85,7	85,9	0,5	0,5	86,2	86,3	85,3	85,7
4 – 5	20,6	20,6	29,2	31,4	24,2	24,0	24,3	24,3	0,7	0,7	24,9	24,8	24,9	24,1
5 – 6	77,9	76,0	86,7	86,7	82,5	82,8	82,6	82,8	0,8	0,9	83,4	83,5	82,2	83,0
6 – 7	20,8	22,8	31,9	33,8	27,2	27,4	27,2	27,2	1,0	1,0	28,0	28,0	26,4	29,9
7 – 8	74,7	73,3	86,3	84,6	80,2	79,8	79,9	80,0	1,0	1,0	80,8	80,9	80,8	81,2
8 – 9	23,5	23,7	34,7	36,7	30,0	29,9	29,8	29,8	1,1	1,1	30,7	30,8	31,1	30,4
9 – 10	71,9	71,2	83,6	83,6	77,4	77,7	77,4	77,5	1,2	1,1	78,4	78,5	77,8	78,1
10 – 11	25,1	25,5	37,5	38,0	32,3	32,1	32,2	32,2	1,3	1,2	33,3	33,2	31,9	35,2
11 – 12	69,2	69,9	82,2	81,4	74,7	75,3	75,1	75,3	1,3	1,2	76,2	76,3	73,7	74,7
12 – 13	27,9	28,8	38,9	39,6	34,9	34,5	34,4	34,4	1,3	1,2	35,5	35,4	32,5	34,8
13 – 14	68,2	65,7	80,0	78,7	73,1	73,2	73,1	73,2	1,4	1,3	74,2	74,3	72,5	72,1
14 – 15	30,2	30,6	41,1	43,5	36,5	36,1	36,3	36,3	1,4	1,3	37,4	37,4	36,8	37,1
15 – 16	63,3	64,5	77,0	77,1	71,2	71,2	71,2	71,4	1,4	1,3	72,4	72,5	72,0	71,8
16 – 17	32,0	33,0	45,2	45,0	37,5	38,1	38,0	38,0	1,4	1,3	39,2	39,2	40,7	38,6
17 – 18	63,6	63,2	74,9	74,6	70,1	69,8	69,6	69,7	1,4	1,4	70,8	70,8	69,9	70,2
<b>Total</b>	<b>770,4</b>	<b>768,2</b>	<b>936,9</b>	<b>942,5</b>	<b>859,1</b>	<b>858,6</b>	<b>857,7</b>	<b>858,9</b>	—	—	<b>872,4</b>	<b>872,8</b>	<b>859,5</b>	<b>867,9</b>

\* Valor médio das 1.500 simulações, a 80% de probabilidade, para cada ano de vida da cultura.

\*\* Média dos valores “pinçados” aleatoriamente nas 1.500 simulações, em cada ano de vida da cultura.

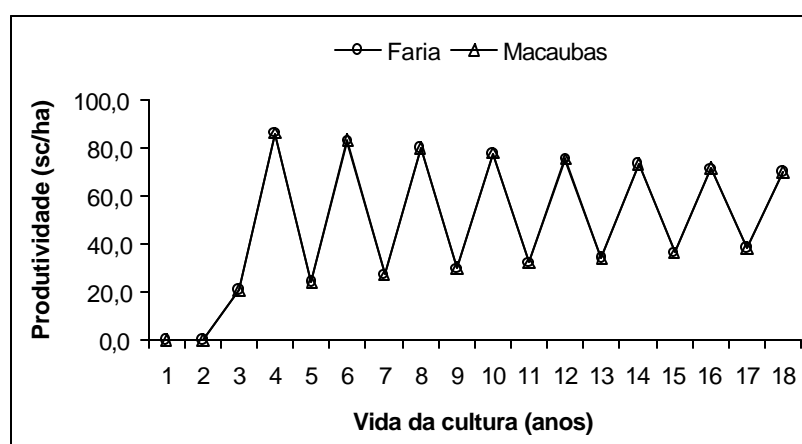


Figura 51 – Produtividades médias do cafeeiro, em 18 anos, obtidas com a função de produção (Equação 52) e manejo 1 de irrigação, para as propriedades Faria e Macaubas, situadas nas regiões de Lavras e Araguari, MG, respectivamente.

Os resultados apresentados na Tabela 53 e Figura 51, permitem verificar que se encontram adequados os ajustes realizados para os coeficientes  $K_y$  e  $K_{y0}$  da função de produção do cafeeiro irrigado (Equação 52). Baseando-se na média da produção alcançada ao longo da vida útil da cultura para as duas propriedades, verificou-se que:

- os resultados das propriedades Faria e Macaubas são muito parecidos. A proximidade dos valores deve-se ao manejo que realiza irrigações suplementares durante todo o ano (manejo 1);
- nas duas propriedades, as produtividades nos biênios menos produtivos, correspondentes aos anos 4-5, 6-7, 8-9, 10-11, 12-13, 14-15 e 16-17, ficaram menores, respectivamente, 71,7%, 67,1%, 62,7%, 58,4%, 54,3%, 50,4% e 46,6% que as produtividades nos biênios mais produtivos, correspondentes aos anos 3-4, 5-6, 7-8, 9-10, 11-12, 13-14 e 15-16. Em média, a diminuição da produtividade devido ao ciclo bienal do cafeeiro foi de 58,7%;
- para as propriedades Faria e Macaubas, em relação à produtividade máxima de 84sc/ha, as produtividades apresentadas nos anos 4-5, 6-7, 8-9, 10-11, 12-13, 14-15 e 16-17, ficaram menores, respectivamente, 71,1%, 67,7%, 64,5%, 61,7%, 59,1%, 56,8% e 54,7%. Em média, a produtividade nos biênios menos produtivos foram menores 62,2%. Considerando a mesma relação para os biênios mais produtivos, anos 5-6, 7-8, 9-10, 11-12, 13-14, 15-16 e 17-18, verificou-se, respectivamente, produtividades menores 1,5%, 4,9%, 7,8%, 10,5%, 12,9%, 15,1%, 17,1%. Em média, a produtividade nos biênios mais produtivos foi 8,7% menor. A única exceção foi para o biênio 3-4, em que a produtividade foi maior 2,1% que a produtividade máxima de 84sc/ha.
- as produtividades médias alcançadas nas propriedades Faria e Macaubas com a utilização da irrigação suplementar durante todo o ano (manejo 1), foram maiores 66,90% e 51,5%, respectivamente, que as produtividades médias obtidas com o manejo que desconsidera a utilização da irrigação (manejo 6).

### a) Ocorrência de eventualidades durante a vida útil da cultura do cafeeiro

O módulo “Custo de produção com análise de risco” permite impor à função de produção (Equação 52) uma série de eventualidades. As eventualidades impostas podem ser o atraso na primeira produção da cultura, ou a perda de produção em até dois anos ao longo da vida útil da cultura. A percentagem de queda na produtividade, devido a ocorrência de uma eventualidade, é um dado de entrada no modelo que tem de ser fornecido. A Tabela 54 e as Figuras 52 a 55, apresentam uma série de resultados obtidos com a função de produção, considerando-se a ocorrência de eventualidades. Os dados utilizados nas análises, com exceção das eventualidades especificadas abaixo, são os mesmos utilizados para a propriedade Faria com o manejo de irrigação 1 (mesmos dados utilizados para obtenção da Tabela 52).

- Eventualidade 1: atraso na primeira produção, ocorrendo apenas no ano 3-4, com 25% da produtividade máxima obtida com irrigação da cultura adulta;
- Eventualidade 2: atraso na primeira produção, ocorrendo apenas no ano 4-5, com 50% da produtividade máxima obtida com irrigação da cultura adulta;
- Eventualidade 3: ocorrendo a 50% dos 18 anos de vida da cultura (ano 8-9). A produtividade esperada é de 5% em relação à máxima ocorrida com irrigação da cultura adulta (5% de 84sc/ha);
- Eventualidade 4: serão dois anos de perda da produção; um ocorrendo a 50% de vida útil da cultura (ano 8-9), com produtividade esperada de 5% em relação à máxima ocorrida com a irrigação da cultura adulta (5% de 84sc/ha) e, outra, ocorrendo a 70% da vida útil da cultura (ano 11-12), com perda total da produção.

As análises considerando a ocorrência de eventualidades durante o ciclo de vida útil da cultura do cafeeiro, somente foram realizadas para a propriedade Faria, pois a utilização do manejo 1 de irrigação proporciona produtividades praticamente iguais para as duas propriedades. Conforme pode ser visto na Figura 51.

Tabela 54. Produtividades médias nas simulações, obtidas com a função de produção (Equação 52) e manejo 1 de irrigação, em conformidade com as eventualidades 1 a 4, para a propriedade Faria, situada em Lavras, MG.

Vida da cultura (anos)	Produtividade média da cultura do cafeeiro nas simulações (sc/ha)				
	Sem Eventualidades	Eventualidade 1	Eventualidade 2	Eventualidade 3	Eventualidade 4
Implantação	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1 – 2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2 – 3	21,0	0,0	0,0	21,0	21,0
3 – 4	85,7	21,0	0,0	85,7	85,7
4 – 5	24,3	85,7	42,0	24,2	24,2
5 – 6	82,6	24,3	65,8	82,6	82,7
6 – 7	27,2	82,7	43,2	27,2	27,1
7 – 8	79,9	27,2	64,6	79,9	79,9
8 – 9	29,8	79,9	44,3	4,2	4,2
9 – 10	77,4	29,8	63,6	101,7	101,7
10 – 11	32,2	77,4	45,3	9,1	9,1
11 – 12	75,1	32,1	62,7	97,1	0,0
12 – 13	34,4	75,2	46,2	13,5	105,7
13 – 14	73,1	34,2	61,8	92,9	5,3
14 – 15	36,3	73,2	47,0	17,4	100,6
15 – 16	71,2	36,2	61,1	89,1	10,1
16 – 17	38,0	71,3	47,7	21,0	96,1
17 – 18	69,6	37,9	60,4	85,7	14,4
Total	857,7	788,0	755,5	852,4	767,9



Figura 52 – Produtividades médias nas simulações, obtidas com a eventualidade 1, na propriedade Faria, situada em Lavras, MG.

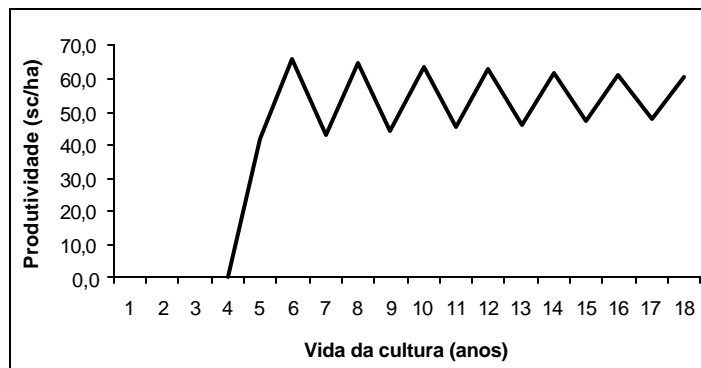


Figura 53 – Produtividades médias nas simulações, obtidas com a eventualidade 2, na propriedade Faria, situada em Lavras, MG.

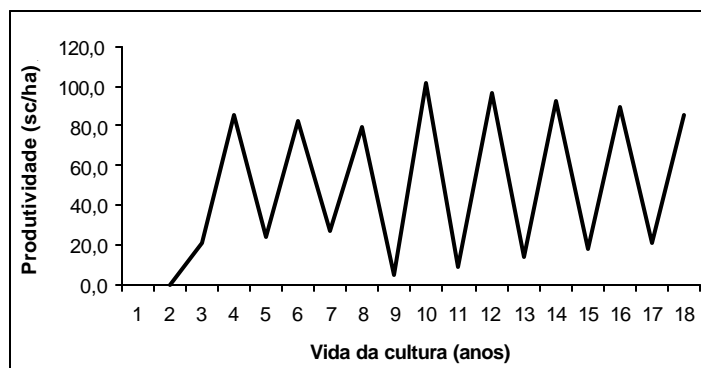


Figura 54 – Produtividades médias nas simulações, obtidas com a eventualidade 3, na propriedade Faria, situada em Lavras, MG.

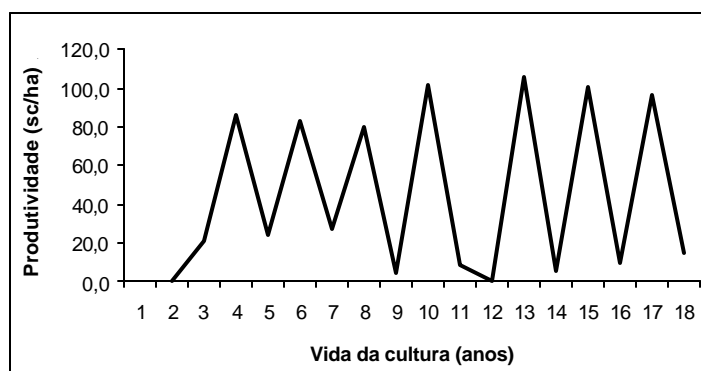


Figura 55 – Produtividades médias nas simulações, obtidas com a eventualidade 4, na propriedade Faria, situada em Lavras, MG.

A ocorrência de produtividades muito baixas, devido às eventualidades, promovem uma alteração nos resultados da função de produção, acentuando a alternância entre os altos e baixos valores de produtividade nos biênios. Os valores obtidos, podem comprometer os resultados quanto a produtividade esperada em cada ano, porém, em média, não prejudica os resultados da produtividade total durante a vida útil da cultura. Existe uma compensação entre os valores de produtividade estimados abaixo e acima do que deveria ser. A constatação do fato está nos resultados das eventualidades 3 e 4, mostrados na Tabela 54 e nas Figuras 54 e 55.

De maneira geral, para o período de vida útil da cultura, a função de produção mostrou-se adequada. Houve diminuição da produtividade total quando o início da produção do cafeeiro foi retardado, e quando houveram duas eventualidades dentro da vida útil da cultura. A quase igualdade entre as produtividades alcançadas com os dados originais, e a ocorrida com a eventualidade 3, é perfeitamente aceitável. A realização de uma poda, por exemplo, promove a perda quase total da produção de um ano, mas representa também uma renovação da cultura. Existem manejos, inclusive, onde a realização de podas programadas são realizadas com o objetivo de se aumentar a produtividade. A gravidade de uma eventualidade depende, também, do ano em que ela ocorre. Ela causará maior perda na produtividade total se ocorrer no período do biênio mais produtivo, como ocorreu na eventualidade 4, no biênio 11-12, e causará menor perda se ocorrer no biênio menos produtivo, como foi o caso da eventualidade 3, que ocorreu no biênio 8-9.

#### **4.2.5 Análise da cafeicultura irrigada sob condição de risco econômico**

As análises de simulação do custo de produção para as propriedades Faria e Macaubas foram realizadas considerando as opções dispostas na Tabela 55. Os resultados obtidos, e as discussões sobre os valores encontrados nas referidas análises, estão nos Itens 4.2.5.1 e 4.2.5.2. As opções que estão presentes na Tabela 55, não foram tomadas aleatoriamente, a escolha foi fundamentada nos resultados obtidos nas diversas análises que foram realizadas e discutidas nos itens anteriores, para os dados originais das duas propriedades.



Tabela 55. Opções utilizadas no módulo “Custo de produção com análise de risco”, para realizar as análises de custo da cafeicultura irrigada nas Fazendas Faria e Macaubas, situadas em Lavras e Araguari, MG, respectivamente.

Opções do módulo custo de produção	Fazenda Faria	Fazenda Macaubas
Número de simulações nas análises	1.500	1.500
Probabilidade de ocorrência da análise	80%	80%
Taxa de juros no cálculo do valor presente líquido	6%	6%
Região/local da análise	Lavras	Araguari
Quantificação dos itens de custo de produção	Quant. 40, 60 e 80	Quant. 40, 60 e 80
Materiais e serviços no ano com eventualidade A	Não considerado	Não considerado
Materiais e serviços no ano com eventualidade B	Não considerado	Não considerado
Cenário fonte de energia da propriedade	F. Energ. Faria	F. Energ. Macaubas
Opção da energia no custo de produção	Energia elétrica	Energia elétrica
Precipitação	Prec. Lavras	Prec. Araguari
Manejos da irrigação	Manejos 1 a 6	Manejos 1 a 6
Evapotranspiração ( <i>ET<sub>o</sub></i> )	<i>ET<sub>o</sub></i> Lavras	<i>ET<sub>o</sub></i> Araguari
Distribuição de probabilidade da evapotranspiração	Distribuição normal	Distribuição normal
Coefficiente de cultivo	<i>K<sub>c</sub></i> café	<i>K<sub>c</sub></i> café
Opção do coeficiente cultivo	Medido	Medido
Parâmetros para o cálculo do armazenamento	Arm. Faz. Faria	Arm. Faz. Macaubas
Função que estima o armazenamento de água no solo	Linear-exponencial	Linear-exponencial
Valor do hectare de terra	Não considerado	Não considerado
Taxa correspondente ao aluguel da terra	Não considerado	Não considerado
Cultura a ser avaliada	Cafeeiro	Cafeeiro
Vida útil da cultura	18 anos	18 anos
Ano da primeira produção	Ano 2-3	Ano 2-3
Produtividade máxima da cultura com irrigação	56, 84 e 112sc/ha	56, 84 e 112sc/ha
Coefficiente de resposta da cultura <i>K<sub>y</sub></i>	1,27	1,27
Penalização da produtividade do ano anterior <i>K<sub>y0</sub></i>	- 0,95	- 0,95
Porcentagem de prod. da cultura em relação à máxima		
– no primeiro ano de produção	25%	25%
– no ano com eventualidade A	Não considerado	Não considerado
– no ano com eventualidade B	Não considerado	Não considerado
Série de preços	Cooparaíso	Cooparaíso
Preço do produto no mercado (iniciante ou semente)	90 dólares	90 dólares
Mês de ocorrência do preço (iniciante ou semente)	Outubro	Outubro
Porcentagem de venda do produto nos trimestre	25, 0, 50, 25	25, 0, 50, 25
Impostos sobre os custos variáveis	Não considerado	Não considerado
Taxa real de juros aplicada sobre capital de giro	6%	6%
Impostos sobre custos fixos	Não considerado	Não considerado
Taxa real de juros aplicada sobre o capital fixo	6%	6%
Taxa cobrada para realização do seguro	Não considerado	Não considerado

É importante verificar na Tabela 55, que as produtividades máximas esperadas para a cultura do cafeeiro com irrigação foram de 56, 84 e 112sc/ha. Os referidos valores, resultaram do produto entre as produtividades de 40, 60 e 80sc/ha, respectivo ao pacote tecnológico utilizado, com o fator médio de incremento de produtividade 1,4, devido à utilização da irrigação suplementar durante todo o ano. Os pacotes tecnológicos da Cooperativa Regional de Cafeicultores em Guaxupé Ltda (COOXUPÉ) são para a cultura do cafeeiro sem irrigação, mas passaram por algumas adaptações, e o uso do “fator de incremento” corrige os valores esperados de produtividade para uma condição de cafeicultura irrigada. O valor do fator de incremento foi baseado no trabalho de Alves (1999), conforme já discutido no Item 4.2.4.3, sobre o ajuste da função de produção da cultura do cafeeiro.

Com exceção do custo alternativo da terra, das taxas para realização de seguros, e dos impostos sobre os custos variáveis e fixos, todos os itens do custo de produção disponíveis no módulo “Custo de produção com análise de risco”, foram considerados nas análises:

- Custos variáveis: materiais, serviços, energia elétrica e água para irrigação, juros reais sobre capital de giro, manutenção e reparos;
- Custos fixos: depreciação das instalações (inclui depreciação da lavoura), veículos, máquinas, implementos, ferramentas, estrutura para recalque da água de irrigação, sistema de irrigação e juros reais sobre o capital fixo

Os itens deixados de fora das análises são pouco representativos, e a maioria dos trabalhos consultados, envolvendo custo de produção, não faz consideração a eles em suas análises.

O valor presente líquido (VPL) e a taxa interna de retorno (TIR), foram os critérios de análise econômica utilizados para verificar a viabilidade da atividade agrícola nas duas propriedades. Nas condições em que o valor presente líquido obtido nas análises foi negativo, a taxa interna de retorno somente foi calculada até o valor zero.

As Tabelas 56 a 61 e 67 a 72, apresentam os valores médios obtidos nas 1.500 simulações para os itens do custo de produção das Fazendas Faria e Macaubas. As tabelas apresentadas poderiam ser constituídas com os outros parâmetros estatísticos (menor e maior valor, valor modal, e valor à uma determinada probabilidade) que têm saída nas análises do módulo “Custo de produção com análise de risco”. A apresentação dos resultados através do valor médio deve-se à simplicidade de seu entendimento e a menor variação de seu resultado nas simulações. O ideal, seria que cada valor médio de custo apresentado nas referidas tabelas, estivesse seguido do seu respectivo desvio padrão. No entanto, este procedimento não foi adotado, pois aumentaria muito as tabelas, e poderia prejudicar a apresentação e o entendimento dos resultados. Assim, apenas as Tabelas 62, 63, 73 e 74, que contêm os resultados dos critérios de análise econômica (VPL e TIR), foram dispostas com os desvios padrão das médias que têm saída nas análises do módulo “Custo de produção com análise de risco”.

As distribuições de frequência dos valores de VPL e TIR, obtidos nas 1.500 simulações, tiveram ajuste a 1% de probabilidade com a distribuição normal em todas as análises de simulação que foram realizadas para as propriedades Faria e Macaubas, no módulo “Custo de produção com análise de risco”.

É importante observar, que nos módulos “Balanço hídrico climatológico decendial” e “Fonte de energia”, a vida útil do projeto não é considerada. Logo, o manejo que não realiza as irrigações (manejo 6), foi discutido como se a propriedade tivesse um sistema de irrigação, mas sem utilizá-lo, devido a alguma eventualidade. Nas discussões do presente módulo, o custo de produção como o manejo 6 representa a ausência da agricultura irrigada na propriedade, ou seja, sem o sistema de irrigação e, ou, gastos relativos a sua instalação, manutenção, operação e depreciação.

#### **4.2.5.1 Análise da cafeicultura irrigada na propriedade Faria**

As Tabelas 56 a 66 e Figuras 56 a 58, apresentam os resultados obtidos nas análises da cafeicultura irrigada na propriedade Faria, conforme as opções da Tabela 55.

Tabela 56. Valor médio do custo de produção da propriedade Faria (Lavras, MG), com o pacote tecnológico de 40sc/ha e manejos de irrigação 1 a 6.

Itens do custo de produção	Manejos de irrigação						Participação no custo total (%)
	Manejo 1	Manejo 2	Manejo 3	Manejo 4	Manejo 5	Manejo 6	
<b>Custo médio de implantação do cafeeiro (dólar/ha)</b>							
Materiais	1.137,51	1.137,43	1.136,84	1.137,16	1.137,02	1.137,43	<b>26,9 a 30,9</b>
Serviços	2.211,31	2.182,28	2.179,78	2.174,49	2.117,73	1.977,38	<b>51,6 a 53,8</b>
Energia elétrica e água	63,50	55,24	54,89	52,78	39,16	0,00	<b>0,0 a 1,5</b>
Manutenção e reparos	32,82	32,82	32,82	32,82	32,82	10,48	<b>0,3 a 0,8</b>
Juros do capital de giro	206,71	204,47	204,26	203,83	199,60	187,52	<b>4,9 a 5,1</b>
<b>Custo variável total</b>	<b>3.651,85</b>	<b>3.612,25</b>	<b>3.608,58</b>	<b>3.601,08</b>	<b>3.526,33</b>	<b>3.312,80</b>	<b>86,0 a 90,1</b>
Soma das depreciações	400,87	400,87	400,87	400,87	400,87	241,72	<b>6,6 a 9,8</b>
Juros do capital fixo	174,70	174,70	174,70	174,70	174,70	123,73	<b>3,4 a 4,3</b>
<b>Custo fixo total</b>	<b>575,56</b>	<b>575,56</b>	<b>575,56</b>	<b>575,56</b>	<b>575,56</b>	<b>365,45</b>	<b>9,9 a 14,0</b>
<b>Custo total</b>	<b>4.227,41</b>	<b>4.187,81</b>	<b>4.184,15</b>	<b>4.176,64</b>	<b>4.101,90</b>	<b>3.678,26</b>	—
<b>Custo médio do cafeeiro no ano 1–2 (dólar/ha)</b>							
Materiais	429,18	429,69	429,40	429,11	428,85	429,60	<b>18,7 a 26,6</b>
Serviços	1.075,25	1.037,94	1.024,02	999,35	929,29	738,60	<b>44,1 a 46,8</b>
Energia elétrica e água	85,25	76,76	75,78	68,86	52,24	0,00	<b>0,0 a 3,7</b>
Manutenção e reparos	32,82	32,82	32,82	32,82	32,82	10,48	<b>0,6 a 1,6</b>
Juros do capital de giro	97,35	94,63	93,72	91,81	86,59	70,72	<b>4,1 a 4,4</b>
<b>Custo variável total</b>	<b>1.719,86</b>	<b>1.671,84</b>	<b>1.655,75</b>	<b>1.621,96</b>	<b>1.529,79</b>	<b>1.249,40</b>	<b>72,7 a 77,4</b>
Soma das depreciações	400,87	400,87	400,87	400,87	400,87	241,72	<b>15,0 a 19,0</b>
Juros do capital fixo	174,70	174,70	174,70	174,70	174,70	123,73	<b>7,6 a 8,3</b>
<b>Custo fixo total</b>	<b>575,56</b>	<b>575,56</b>	<b>575,56</b>	<b>575,56</b>	<b>575,56</b>	<b>365,45</b>	<b>22,6 a 27,3</b>
<b>Custo total</b>	<b>2.295,42</b>	<b>2.247,40</b>	<b>2.231,31</b>	<b>2.197,52</b>	<b>2.105,36</b>	<b>1.614,85</b>	—
<b>Custo médio do cafeeiro no ano 2–3 (dólar/ha)</b>							
Materiais	508,76	508,98	508,51	509,30	509,53	510,38	<b>15,3 a 20,0</b>
Serviços	1.950,08	1.908,68	1.899,82	1.853,36	1.764,58	1.539,41	<b>57,2 a 60,4</b>
Energia elétrica e água	103,13	95,46	93,08	82,95	62,29	0,00	<b>0,0 a 3,1</b>
Manutenção e reparos	32,82	32,82	32,82	32,82	32,82	10,48	<b>0,4 a 1,1</b>
Juros do capital de giro	155,69	152,76	152,05	148,71	142,15	123,62	<b>4,6 a 4,8</b>
<b>Custo variável total</b>	<b>2.750,48</b>	<b>2.698,70</b>	<b>2.686,29</b>	<b>2.627,14</b>	<b>2.511,39</b>	<b>2.183,89</b>	<b>81,4 a 85,7</b>
Soma das depreciações	400,87	400,87	400,87	400,87	400,87	241,72	<b>9,5 a 13,0</b>
Juros do capital fixo	174,70	174,70	174,70	174,70	174,70	123,73	<b>4,9 a 5,7</b>
<b>Custo fixo total</b>	<b>575,56</b>	<b>575,56</b>	<b>575,56</b>	<b>575,56</b>	<b>575,56</b>	<b>365,45</b>	<b>14,3 a 18,6</b>
<b>Custo total</b>	<b>3.326,04</b>	<b>3.274,25</b>	<b>3.261,86</b>	<b>3.202,70</b>	<b>3.086,95</b>	<b>2.549,34</b>	—
<b>Custo médio do cafeeiro no ano 3–4 (dólar/ha)</b>							
Materiais	756,15	755,06	752,84	754,42	755,80	755,89	<b>23,8 a 32,6</b>
Serviços	1.571,11	1.549,09	1.523,27	1.464,15	1.361,22	1.089,15	<b>46,2 a 48,9</b>
Energia elétrica e água	121,42	114,88	109,46	98,00	72,35	0,00	<b>0,0 a 3,8</b>
Manutenção e reparos	32,82	32,82	32,82	32,82	32,82	10,48	<b>0,4 a 1,1</b>
Juros do capital de giro	148,89	147,11	145,10	140,96	133,33	111,33	<b>4,6 a 4,8</b>
<b>Custo variável total</b>	<b>2.630,39</b>	<b>2.598,96</b>	<b>2.563,49</b>	<b>2.490,36</b>	<b>2.355,53</b>	<b>1.966,85</b>	<b>80,4 a 84,4</b>
Soma das depreciações	400,87	400,87	400,87	400,87	400,87	241,72	<b>10,3 a 13,6</b>
Juros do capital fixo	174,70	174,70	174,70	174,70	174,70	123,73	<b>5,3 a 5,9</b>
<b>Custo fixo total</b>	<b>575,56</b>	<b>575,56</b>	<b>575,56</b>	<b>575,56</b>	<b>575,56</b>	<b>365,45</b>	<b>15,6 a 19,6</b>
<b>Custo total</b>	<b>3.205,95</b>	<b>3.174,52</b>	<b>3.139,06</b>	<b>3.065,92</b>	<b>2.931,10</b>	<b>2.332,30</b>	—
$\Delta\%$ do custo total (%)*	0,17	0,27	0,33	0,20	0,30	0,29	—
Valor Presente Líquido	<b>-1.208,3</b>	<b>-1.837,3</b>	<b>-1.636,2</b>	<b>-2.563,8</b>	<b>-4.300,9</b>	<b>-5.821,2</b>	—

\* Variação percentual entre o menor e o maior valor do custo total, entre os anos  $X_{3-4}$  e  $X_{17-18}$

Tabela 57. Produtividade média (Prod.) e preço médio da saca de café beneficiado da propriedade Faria (Lavras, MG), nos anos de vida do cafeeiro, com os manejos de irrigação 1 a 6 e pacote tecnológico de 40sc/ha.

Ano	Manejo 1		Manejo 2		Manejo 3		Manejo 4		Manejo 5		Manejo 6	
	Prod. sc/ha	Valor US\$/sc	Prod. sc/ha	Valor US\$/sc	Prod. sc/ha	Valor US\$/sc	Prod. sc/ha	Valor US\$/sc	Prod. sc/ha	Valor US\$/sc	Prod. sc/ha	Valor US\$/sc
0-1*	0,0	146,2	0,0	146,5	0,0	146,4	0,0	146,3	0,0	146,6	0,0	146,5
1-2	0,0	107,6	0,0	107,6	0,0	107,6	0,0	107,4	0,0	107,5	0,0	107,5
2-3	14,0	101,6	14,0	101,5	14,0	101,5	14,0	101,5	14,0	101,5	14,0	101,5
3-4	57,1	102,0	55,0	101,9	54,8	102,0	51,4	102,2	44,8	101,8	28,7	102,2
4-5	16,2	86,5	16,1	86,4	16,1	86,5	15,9	86,5	15,4	86,4	14,7	86,4
5-6	55,1	75,2	53,0	75,2	52,9	75,2	49,4	75,2	43,3	75,2	28,0	75,2
6-7	18,1	91,4	17,9	91,4	17,9	91,4	17,7	91,4	16,9	91,4	15,3	91,5
7-8	53,3	161,2	51,3	161,2	51,2	161,2	48,0	161,3	42,0	161,5	27,4	161,3
8-9	19,9	118,7	19,6	118,7	19,6	118,8	19,1	118,8	18,2	118,7	16,0	118,8
9-10	51,6	94,8	49,8	94,8	49,5	94,7	46,7	94,8	40,9	94,8	26,8	94,8
10-11	21,4	146,5	21,1	146,7	21,1	146,3	20,3	146,5	19,3	146,5	16,5	146,5
11-12	50,1	107,5	48,4	107,6	48,2	107,5	45,4	107,5	39,8	107,6	26,4	107,5
12-13	22,9	101,6	22,4	101,5	22,4	101,6	21,5	101,5	20,2	101,5	17,0	101,5
13-14	48,8	101,9	47,1	101,8	46,9	102,1	44,2	101,9	38,9	101,8	25,9	102,0
14-15	24,1	86,5	23,6	86,5	23,7	86,4	22,8	86,6	21,2	86,4	17,4	86,5
15-16	47,5	75,2	45,8	75,3	45,7	75,1	42,9	75,0	38,0	75,1	25,5	75,3
16-17	25,3	91,4	24,8	91,4	24,8	91,4	24,0	91,3	21,9	91,5	17,8	91,4
17-18	46,4	161,2	44,8	161,2	44,6	161,3	41,9	161,3	37,3	161,3	25,1	161,3
<b>Média</b>	<b>35,7</b>	<b>108,7</b>	<b>34,7</b>	<b>108,7</b>	<b>34,6</b>	<b>108,7</b>	<b>32,8</b>	<b>108,7</b>	<b>29,5</b>	<b>108,7</b>	<b>21,4</b>	<b>108,8</b>

\* Ano de implantação da cultura do cafeeiro

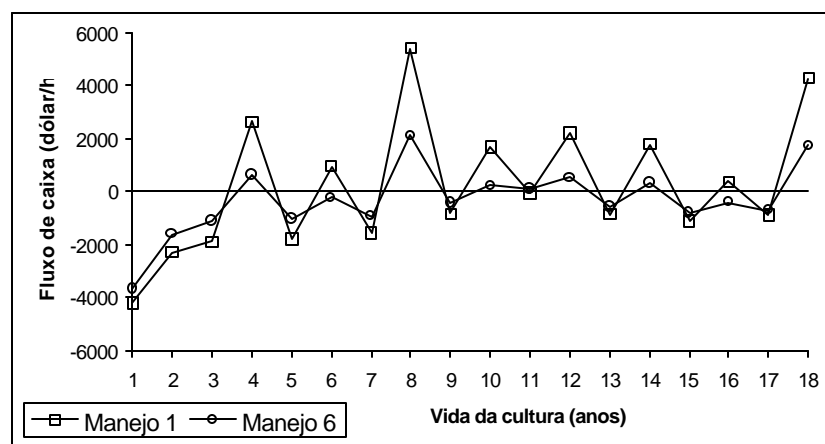


Figura 56 – Fluxo de caixa (benefício – custo total) obtido para a Fazenda Faria (Lavras, MG), utilizando o pacote tecnológico 40sc/ha e manejos de irrigação 1 e 6.

Tabela 58. Valor médio do custo de produção da propriedade Faria (Lavras, MG), com o pacote tecnológico de 60sc/ha e manejos de irrigação 1 a 6.

Itens do custo de produção	Manejos de irrigação						Participação no custo total (%)
	Manejo 1	Manejo 2	Manejo 3	Manejo 4	Manejo 5	Manejo 6	
<b>Custo médio de implantação do cafeeiro (dólar/ha)</b>							
Materiais	1.136,96	1.137,64	1.137,60	1.137,57	1.137,81	1.136,66	<b>26,9 a 30,9</b>
Serviços	2.207,33	2.189,80	2.179,62	2.175,61	2.115,02	1.979,36	<b>51,6 a 53,8</b>
Energia elétrica e água	63,63	55,16	54,96	53,11	39,12	0,00	<b>0,0 a 1,5</b>
Manutenção e reparos	32,82	32,82	32,82	32,82	32,82	10,48	<b>0,3 a 0,8</b>
Juros do capital de giro	206,44	204,93	204,30	203,95	199,49	187,59	<b>4,9 a 5,1</b>
<b>Custo variável total</b>	<b>3.647,18</b>	<b>3.620,35</b>	<b>3.609,30</b>	<b>3.603,05</b>	<b>3.524,26</b>	<b>3.314,10</b>	<b>86,0 a 90,1</b>
Soma das depreciações	400,87	400,87	400,87	400,87	400,87	241,72	<b>6,6 a 9,8</b>
Juros do capital fixo	174,70	174,70	174,70	174,70	174,70	123,73	<b>3,4 a 4,3</b>
<b>Custo fixo total</b>	<b>575,56</b>	<b>575,56</b>	<b>575,56</b>	<b>575,56</b>	<b>575,56</b>	<b>365,45</b>	<b>9,9 a 14,0</b>
<b>Custo total</b>	<b>4.222,75</b>	<b>4.195,91</b>	<b>4.184,86</b>	<b>4.178,62</b>	<b>4.099,83</b>	<b>3.679,55</b>	—
<b>Custo médio do cafeeiro no ano 1–2 (dólar/ha)</b>							
Materiais	429,77	429,59	429,57	430,50	429,34	429,39	<b>18,7 a 26,6</b>
Serviços	1.072,54	1.035,63	1.023,33	1.001,26	930,44	735,97	<b>44,2 a 46,8</b>
Energia elétrica e água	85,41	76,56	75,82	69,01	52,27	0,00	<b>0,0 a 3,7</b>
Manutenção e reparos	32,82	32,82	32,82	32,82	32,82	10,48	<b>0,6 a 1,6</b>
Juros do capital de giro	97,23	94,48	93,69	92,02	86,69	70,55	<b>4,1 a 4,4</b>
<b>Custo variável total</b>	<b>1.717,78</b>	<b>1.669,08</b>	<b>1.655,24</b>	<b>1.625,61</b>	<b>1.531,57</b>	<b>1.246,39</b>	<b>72,7 a 77,3</b>
Soma das depreciações	400,87	400,87	400,87	400,87	400,87	241,72	<b>15,0 a 19,0</b>
Juros do capital fixo	174,70	174,70	174,70	174,70	174,70	123,73	<b>7,6 a 8,3</b>
<b>Custo fixo total</b>	<b>575,56</b>	<b>575,56</b>	<b>575,56</b>	<b>575,56</b>	<b>575,56</b>	<b>365,45</b>	<b>22,7 a 27,3</b>
<b>Custo total</b>	<b>2.293,34</b>	<b>2.244,65</b>	<b>2.230,80</b>	<b>2.201,18</b>	<b>2.107,13</b>	<b>1.611,85</b>	—
<b>Custo médio do cafeeiro no ano 2–3 (dólar/ha)</b>							
Materiais	509,23	509,64	509,23	509,53	509,44	509,32	<b>15,3 a 20,0</b>
Serviços	1.953,11	1.915,25	1.895,02	1.847,16	1.772,19	1.534,38	<b>57,3 a 60,3</b>
Energia elétrica e água	103,00	94,77	92,76	82,99	62,29	0,00	<b>0,0 a 3,1</b>
Manutenção e reparos	32,82	32,82	32,82	32,82	32,82	10,48	<b>0,4 a 1,1</b>
Juros do capital de giro	155,89	153,15	151,79	148,35	142,60	123,25	<b>4,6 a 4,8</b>
<b>Custo variável total</b>	<b>2.754,05</b>	<b>2.705,63</b>	<b>2.681,62</b>	<b>2.620,85</b>	<b>2.519,35</b>	<b>2.177,43</b>	<b>81,4 a 85,6</b>
Soma das depreciações	400,87	400,87	400,87	400,87	400,87	241,72	<b>9,5 a 13,0</b>
Juros do capital fixo	174,70	174,70	174,70	174,70	174,70	123,73	<b>4,9 a 5,6</b>
<b>Custo fixo total</b>	<b>575,56</b>	<b>575,56</b>	<b>575,56</b>	<b>575,56</b>	<b>575,56</b>	<b>365,45</b>	<b>14,4 a 18,6</b>
<b>Custo total</b>	<b>3.329,61</b>	<b>3.281,19</b>	<b>3.257,19</b>	<b>3.196,42</b>	<b>3.094,91</b>	<b>2.542,88</b>	—
<b>Custo médio do cafeeiro no ano 3–4 (dólar/ha)</b>							
Materiais	1.017,83	1.017,34	1.015,39	1.016,65	1.017,13	1.016,10	<b>26,2 a 33,7</b>
Serviços	1.956,39	1.931,14	1.903,55	1.846,13	1.733,14	1.476,72	<b>48,1 a 50,3</b>
Energia elétrica e água	121,54	114,31	109,95	97,82	72,09	0,00	<b>0,0 a 3,1</b>
Manutenção e reparos	32,82	32,82	32,82	32,82	32,82	10,48	<b>0,3 a 0,9</b>
Juros do capital de giro	187,71	185,74	183,70	179,61	171,31	150,20	<b>4,8 a 5,0</b>
<b>Custo variável total</b>	<b>3.316,29</b>	<b>3.281,34</b>	<b>3.245,41</b>	<b>3.173,03</b>	<b>3.026,50</b>	<b>2.653,50</b>	<b>84,0 a 87,9</b>
Soma das depreciações	400,87	400,87	400,87	400,87	400,87	241,72	<b>8,0 a 11,1</b>
Juros do capital fixo	174,70	174,70	174,70	174,70	174,70	123,73	<b>4,1 a 4,8</b>
<b>Custo fixo total</b>	<b>575,56</b>	<b>575,56</b>	<b>575,56</b>	<b>575,56</b>	<b>575,56</b>	<b>365,45</b>	<b>12,1 a 16,0</b>
<b>Custo total</b>	<b>3.891,86</b>	<b>3.856,91</b>	<b>3.820,97</b>	<b>3.748,59</b>	<b>3.602,06</b>	<b>3.018,95</b>	—
$\Delta\%$ do custo total (%)*	0,28	0,25	0,31	0,27	0,32	0,50	—
Valor Presente Líquido	<b>10.115,8</b>	<b>8.987,7</b>	<b>9.179,4</b>	<b>7.437,8</b>	<b>4.103,4</b>	<b>- 1.261,6</b>	—

\* Variação percentual entre o menor e o maior valor do custo total, entre os anos  $X_{3-4}$  e  $X_{17-18}$

Tabela 59. Produtividade média (Prod.) e preço médio da saca de café beneficiado da propriedade Faria (Lavras, MG), nos anos de vida do cafeeiro, com os manejos de irrigação 1 a 6 e pacote tecnológico de 60sc/ha.

Ano	Manejo 1		Manejo 2		Manejo 3		Manejo 4		Manejo 5		Manejo 6	
	Prod. sc/ha	Valor US\$/sc	Prod. sc/ha	Valor US\$/sc	Prod. sc/ha	Valor US\$/sc	Prod. sc/ha	Valor US\$/sc	Prod. sc/ha	Valor US\$/sc	Prod. sc/ha	Valor US\$/sc
0-1*	0,0	146,7	0,0	146,5	0,0	146,8	0,0	146,6	0,0	146,4	0,0	146,5
1-2	0,0	107,6	0,0	107,7	0,0	107,6	0,0	107,7	0,0	107,6	0,0	107,7
2-3	21,0	101,6	21,0	101,6	21,0	101,5	21,0	101,6	21,0	101,6	21,0	101,6
3-4	85,7	102,0	82,4	102,1	82,3	101,9	77,2	101,9	67,2	101,9	43,0	101,8
4-5	24,3	86,4	24,1	86,4	24,0	86,5	23,9	86,5	23,2	86,4	22,1	86,4
5-6	82,6	75,1	79,6	75,2	79,3	75,1	74,5	75,2	64,9	75,3	41,9	75,2
6-7	27,2	91,4	26,9	91,4	27,0	91,5	26,3	91,4	25,4	91,4	23,1	91,4
7-8	79,9	161,3	77,0	161,3	76,5	161,3	72,2	161,5	63,0	161,5	41,0	161,3
8-9	29,8	118,7	29,4	118,8	29,6	118,7	28,3	118,8	27,3	118,7	24,0	118,8
9-10	77,4	94,8	74,6	94,8	74,2	94,8	70,3	94,8	61,2	94,8	40,2	94,7
10-11	32,2	146,3	31,6	146,6	31,8	146,6	30,4	146,7	28,9	146,5	24,9	146,1
11-12	75,1	107,4	72,5	107,6	72,0	107,6	68,1	107,6	59,6	107,6	39,2	107,4
12-13	34,4	101,6	33,6	101,6	33,9	101,6	32,5	101,5	30,5	101,6	25,8	101,4
13-14	73,1	101,9	70,6	101,9	70,1	102,0	66,0	102,1	58,2	101,9	38,6	102,2
14-15	36,3	86,4	35,3	86,5	35,8	86,3	34,4	86,4	31,9	86,4	26,5	86,4
15-16	71,2	75,1	68,8	75,3	68,4	75,3	64,3	75,3	56,9	75,4	38,0	75,0
16-17	38,0	91,4	37,0	91,5	37,3	91,5	35,9	91,5	33,1	91,4	27,0	91,3
17-18	69,6	161,4	67,3	161,4	66,8	161,5	63,1	161,3	55,6	161,3	37,5	161,3
<b>Média</b>	<b>53,6</b>	<b>108,7</b>	<b>52,0</b>	<b>108,8</b>	<b>51,9</b>	<b>108,8</b>	<b>49,3</b>	<b>108,8</b>	<b>44,2</b>	<b>108,8</b>	<b>32,1</b>	<b>108,7</b>

\* Ano de implantação da cultura do cafeeiro

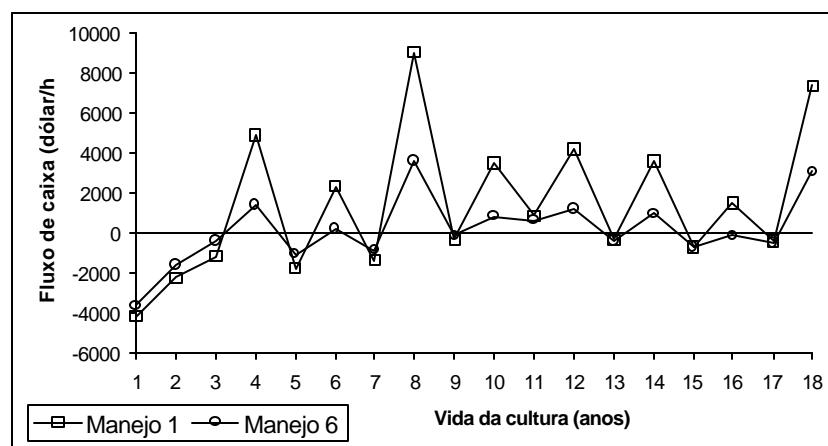


Figura 57 – Fluxo de caixa (benefício – custo total) obtido para a Fazenda Faria (Lavras, MG), utilizando o pacote tecnológico 60sc/ha e manejos de irrigação 1 e 6.

Tabela 60. Valor médio do custo de produção da propriedade Faria (Lavras, MG), com o pacote tecnológico de 80sc/ha e manejos de irrigação 1 a 6.

Itens do custo de produção	Manejos de irrigação						Participação no custo total (%)
	Manejo 1	Manejo 2	Manejo 3	Manejo 4	Manejo 5	Manejo 6	
<b>Custo médio de implantação do cafeeiro (dólar/ha)</b>							
Materiais	1.136,84	1.137,10	1.138,54	1.138,47	1.137,74	1.137,63	<b>26,9 a 30,9</b>
Serviços	2.210,63	2.180,96	2.178,62	2.180,48	2.118,46	1.977,66	<b>51,6 a 53,8</b>
Energia elétrica e água	63,09	55,14	55,03	53,00	39,19	0,00	<b>0,0 a 1,5</b>
Manutenção e reparos	32,82	32,82	32,82	32,82	32,82	10,48	<b>0,3 a 0,8</b>
Juros do capital de giro	206,60	204,36	204,30	204,29	199,69	187,55	<b>4,9 a 5,1</b>
<b>Custo variável total</b>	<b>3.649,99</b>	<b>3.610,39</b>	<b>3.609,31</b>	<b>3.609,05</b>	<b>3.527,91</b>	<b>3.313,31</b>	<b>86,0 a 90,1</b>
Soma das depreciações	400,87	400,87	400,87	400,87	400,87	241,72	<b>6,6 a 9,8</b>
Juros do capital fixo	174,70	174,70	174,70	174,70	174,70	123,73	<b>3,4 a 4,3</b>
<b>Custo fixo total</b>	<b>575,56</b>	<b>575,56</b>	<b>575,56</b>	<b>575,56</b>	<b>575,56</b>	<b>365,45</b>	<b>9,9 a 14,0</b>
<b>Custo total</b>	<b>4.225,56</b>	<b>4.185,95</b>	<b>4.184,88</b>	<b>4.184,62</b>	<b>4.103,46</b>	<b>3.678,77</b>	—
<b>Custo médio do cafeeiro no ano 1–2 (dólar/ha)</b>							
Materiais	429,33	429,68	429,57	429,51	429,12	428,69	<b>18,7 a 26,6</b>
Serviços	1.071,83	1.036,64	1.025,12	1.002,12	929,17	737,25	<b>44,1 a 46,8</b>
Energia elétrica e água	84,79	76,86	75,81	69,06	52,28	0,00	<b>0,0 a 3,7</b>
Manutenção e reparos	32,82	32,82	32,82	32,82	32,82	10,48	<b>0,6 a 1,6</b>
Juros do capital de giro	97,13	94,56	93,80	92,01	86,60	70,59	<b>4,1 a 4,4</b>
<b>Custo variável total</b>	<b>1.715,91</b>	<b>1.670,57</b>	<b>1.657,12</b>	<b>1.625,53</b>	<b>1.529,99</b>	<b>1.247,01</b>	<b>72,7 a 77,3</b>
Soma das depreciações	400,87	400,87	400,87	400,87	400,87	241,72	<b>15,0 a 19,0</b>
Juros do capital fixo	174,70	174,70	174,70	174,70	174,70	123,73	<b>7,6 a 8,3</b>
<b>Custo fixo total</b>	<b>575,56</b>	<b>575,56</b>	<b>575,56</b>	<b>575,56</b>	<b>575,56</b>	<b>365,45</b>	<b>22,7 a 27,3</b>
<b>Custo total</b>	<b>2.291,47</b>	<b>2.246,13</b>	<b>2.232,69</b>	<b>2.201,10</b>	<b>2.105,55</b>	<b>1.612,46</b>	—
<b>Custo médio do cafeeiro no ano 2–3 (dólar/ha)</b>							
Materiais	509,08	509,03	509,53	510,06	509,85	509,52	<b>15,4 a 20,0</b>
Serviços	1.940,25	1.919,84	1.893,80	1.852,73	1.764,47	1.540,84	<b>57,2 a 60,4</b>
Energia elétrica e água	102,20	95,61	92,95	83,06	62,40	0,00	<b>0,0 a 3,1</b>
Manutenção e reparos	32,82	32,82	32,82	32,82	32,82	10,48	<b>0,4 a 1,1</b>
Juros do capital de giro	155,06	153,44	151,75	148,72	142,17	123,65	<b>4,6 a 4,8</b>
<b>Custo variável total</b>	<b>2.739,42</b>	<b>2.710,74</b>	<b>2.680,86</b>	<b>2.627,39</b>	<b>2.511,71</b>	<b>2.184,49</b>	<b>81,4 a 85,7</b>
Soma das depreciações	400,87	400,87	400,87	400,87	400,87	241,72	<b>9,5 a 13,0</b>
Juros do capital fixo	174,70	174,70	174,70	174,70	174,70	123,73	<b>4,9 a 5,7</b>
<b>Custo fixo total</b>	<b>575,56</b>	<b>575,56</b>	<b>575,56</b>	<b>575,56</b>	<b>575,56</b>	<b>365,45</b>	<b>14,3 a 18,6</b>
<b>Custo total</b>	<b>3.314,98</b>	<b>3.286,31</b>	<b>3.256,42</b>	<b>3.202,95</b>	<b>3.087,27</b>	<b>2.549,94</b>	—
<b>Custo médio do cafeeiro no ano 3–4 (dólar/ha)</b>							
Materiais	1.257,36	1.261,16	1.261,84	1.259,72	1.259,43	1.261,15	<b>27,7 a 34,3</b>
Serviços	2.333,48	2.307,17	2.282,84	2.217,06	2.113,73	1.852,51	<b>49,6 a 51,3</b>
Energia elétrica e água	121,30	114,91	109,89	98,01	71,98	0,00	<b>0,0 a 2,7</b>
Manutenção e reparos	32,82	32,82	32,82	32,82	32,82	10,48	<b>0,3 a 0,8</b>
Juros do capital de giro	224,70	222,96	221,24	216,46	208,68	187,45	<b>4,9 a 5,1</b>
<b>Custo variável total</b>	<b>3.969,65</b>	<b>3.939,02</b>	<b>3.908,65</b>	<b>3.824,06</b>	<b>3.686,64</b>	<b>3.311,60</b>	<b>86,5 a 90,1</b>
Soma das depreciações	400,87	400,87	400,87	400,87	400,87	241,72	<b>6,6 a 9,4</b>
Juros do capital fixo	174,70	174,70	174,70	174,70	174,70	123,73	<b>3,4 a 4,1</b>
<b>Custo fixo total</b>	<b>575,56</b>	<b>575,56</b>	<b>575,56</b>	<b>575,56</b>	<b>575,56</b>	<b>365,45</b>	<b>9,9 a 13,5</b>
<b>Custo total</b>	<b>4.545,21</b>	<b>4.514,60</b>	<b>4.484,21</b>	<b>4.399,62</b>	<b>4.262,20</b>	<b>3.677,05</b>	—
$\Delta\%$ do custo total (%)*	0,37	0,19	0,28	0,36	0,24	0,38	—
Valor Presente Líquido	<b>21.627,2</b>	<b>19.927,5</b>	<b>20.116,1</b>	<b>17.547,7</b>	<b>12.664,8</b>	<b>3.468,6</b>	—

\* Variação percentual entre o menor e o maior valor do custo total, entre os anos  $X_{3-4}$  e  $X_{17-18}$



Tabela 61. Produtividade média (Prod.) e preço médio da saca de café beneficiado da propriedade Faria (Lavras, MG), nos anos de vida do cafeeiro, com os manejos de irrigação 1 a 6 e pacote tecnológico de 80sc/ha.

Ano	Manejo 1		Manejo 2		Manejo 3		Manejo 4		Manejo 5		Manejo 6	
	Prod. sc/ha	Valor US\$/sc	Prod. sc/ha	Valor US\$/sc	Prod. sc/ha	Valor US\$/sc	Prod. sc/ha	Valor US\$/sc	Prod. sc/ha	Valor US\$/sc	Prod. sc/ha	Valor US\$/sc
0-1*	0,0	146,4	0,0	146,3	0,0	146,5	0,0	146,3	0,0	146,4	0,0	146,4
1-2	0,0	107,6	0,0	107,5	0,0	107,6	0,0	107,6	0,0	107,5	0,0	107,6
2-3	28,0	101,6	28,0	101,6	28,0	101,5	28,0	101,5	28,0	101,6	28,0	101,5
3-4	114,3	101,7	109,9	101,9	109,7	101,9	102,8	102,0	89,5	102,1	57,2	101,9
4-5	32,3	86,5	32,3	86,4	32,3	86,4	31,7	86,5	31,0	86,5	29,5	86,5
5-6	110,2	75,2	106,0	75,1	105,7	75,2	99,3	75,1	86,6	75,2	55,9	75,1
6-7	36,2	91,4	35,7	91,5	36,0	91,5	35,2	91,4	33,8	91,4	30,9	91,5
7-8	106,5	161,5	102,8	161,4	102,3	161,5	96,1	161,4	84,2	161,5	54,6	161,2
8-9	39,7	118,8	39,0	118,7	39,1	118,7	38,2	118,8	36,2	118,7	31,9	118,6
9-10	103,2	94,7	99,7	94,7	99,2	94,7	93,2	94,8	81,6	94,8	53,4	94,7
10-11	42,9	146,5	42,0	146,4	41,9	146,4	41,0	146,5	38,6	146,4	33,2	146,5
11-12	100,2	107,7	96,7	107,6	96,6	107,6	90,6	107,5	79,4	107,5	52,6	107,7
12-13	45,8	101,5	44,8	101,6	44,7	101,6	43,5	101,6	40,8	101,5	34,1	101,5
13-14	97,5	101,8	94,1	101,9	93,8	101,9	88,1	101,9	77,4	102,0	51,7	101,8
14-15	48,3	86,3	47,2	86,4	47,2	86,5	45,7	86,4	42,6	86,4	34,8	86,4
15-16	95,0	75,0	91,6	75,1	91,5	75,1	86,0	75,0	75,7	75,1	50,9	75,2
16-17	50,6	91,4	49,8	91,4	49,4	91,4	47,7	91,5	44,3	91,5	35,7	91,4
17-18	92,8	161,3	89,3	161,4	89,4	161,3	84,1	161,6	74,1	161,5	50,3	161,4
Média	71,5	108,7	69,3	108,7	69,2	108,7	65,7	108,7	59,0	108,8	42,8	108,7

\* Ano de implantação da cultura do cafeeiro

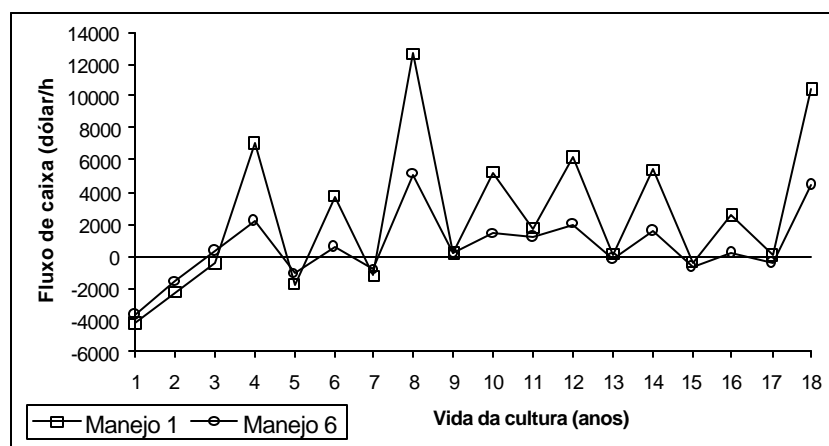


Figura 58 – Fluxo de caixa (benefício – custo total) obtido para a Fazenda Faria (Lavras, MG), utilizando o pacote tecnológico 80sc/ha e manejos de irrigação 1 e 6.

Tabela 62. Parâmetros estatísticos dos valores presentes líquidos, obtidos para o projeto de irrigação do cafeeiro na Fazenda Faria (Lavras, MG), considerando os pacotes tecnológicos de 40, 60 e 80sc/ha e os manejos de irrigação 1 a 6.

Critério de avaliação econômica	Menor valor (dólar/ha)	Maior valor (dólar/ha)	Valor modal (dólar/ha)	Média (dólar/ha)	Desvio padrão (dólar/ha)	Valor 80% probabilidade (dólar/ha)
Pacote tecnológico de 40sc/ha						
VPL Manejo 1	- 2.771,0	250,0	- 1.340,0	- 1.208,3	481,4	- 803,0
VPL Manejo 2	- 3.554,6	53,4	- 1.655,6	- 1.837,3	568,4	- 1.358,8
VPL Manejo 3	- 3.165,9	171,1	- 1.760,9	- 1.636,2	497,0	- 1.217,8
VPL Manejo 4	- 4.103,1	- 766,5	- 2.522,6	- 2.563,8	494,6	- 2.147,5
VPL Manejo 5	- 5.741,8	- 2.628,2	- 4.266,9	- 4.300,9	476,7	- 3.899,7
VPL Manejo 6	- 7.279,2	- 4.434,4	- 5.781,9	- 5.821,2	453,0	- 5.439,8
Pacote tecnológico de 60sc/ha						
VPL Manejo 1	8.082,9	12.008,8	9.942,5	10.115,8	608,7	10.628,2
VPL Manejo 2	6.851,3	11.476,6	9.042,2	8.987,7	675,0	9.555,8
VPL Manejo 3	6.766,9	11.505,5	9.260,9	9.179,4	647,6	9.724,5
VPL Manejo 4	5.013,7	10.332,9	7.253,4	7.437,8	703,7	8.030,1
VPL Manejo 5	1.800,8	6.394,2	4.218,4	4.103,4	678,5	4.674,6
VPL Manejo 6	- 3.406,7	918,3	- 1.358,0	- 1.261,6	635,7	- 726,4
Pacote tecnológico de 80sc/ha						
VPL Manejo 1	19.295,4	24.010,2	21.776,9	21.627,2	758,7	22.265,9
VPL Manejo 2	17.170,6	22.439,1	19.943,5	19.927,5	821,7	20.619,3
VPL Manejo 3	17.533,7	22.964,5	20.392,0	20.116,1	862,6	20.842,3
VPL Manejo 4	15.002,7	20.502,9	17.608,0	17.547,7	841,6	18.256,2
VPL Manejo 5	9.749,0	15.225,6	12.631,4	12.664,8	827,4	13.361,3
VPL Manejo 6	1.158,8	6.075,6	3.229,1	3.468,6	778,3	4.123,8

Tabela 63. Valor médio da taxa interna de retorno (TIR), obtida para o projeto de irrigação do cafeeiro na Fazenda Faria (Lavras, MG), considerando os pacotes tecnológicos 40, 60 e 80sc/ha e os manejos de irrigação 1 a 6.

Pacote tecnológico	Valor médio da taxa interna de retorno (%)											
	Manejo 1	$\sigma^*$	Manejo 2	$\sigma^*$	Manejo 3	$\sigma^*$	Manejo 4	$\sigma^*$	Manejo 5	$\sigma^*$	Manejo 6	$\sigma^*$
40sc/ha	3,9	0,8	2,7	1,1	3,0	0,9	1,1	1,0	—	—	—	—
60sc/ha	19,7	1,0	18,5	1,1	18,8	1,0	16,8	1,1	12,6	1,1	2,9	1,1
80sc/ha	31,7	1,4	30,4	1,4	30,6	1,4	28,3	1,4	23,8	1,3	13,1	1,5

\* Desvio padrão da TIR da média obtida nas 1.500 simulações e 18 anos de vida do projeto

É importante ressaltar, que os valores de VPL apresentados na Tabela 62 referem-se ao período de 18 anos de vida útil da cultura do cafeeiro (projeto), que foi considerado nas análises.

Os valores de VPL encontrados para os manejos de irrigação 1 a 6, e pacote tecnológico de 40sc/ha, mostraram que o projeto de irrigação do cafeeiro na propriedade Faria não é viável com o respectivo nível de utilização de materiais e serviços recomendados. Aplicar o dinheiro no mercado financeiro, ou em outra atividade mais rentável, seria mais viável, a menos que a taxa real de juros, que foi considerada 6% ao ano, fosse inferior à 3,9% para o manejo 1 de irrigação, 2,7% para o manejo 2 e 3,0% para o manejo 3 e 1,1% para o manejo 4. Os manejos 5 e 6 não são viáveis nem com taxa anual zero de juros reais.

Com exceção do manejo 6 de irrigação, o valores de VPL encontrados para o pacote tecnológico de 60sc/ha mostraram-se viáveis para todos os demais manejos de irrigação. A desconsideração da utilização da irrigação (manejo 6) somente seria interessante se a taxa anual de juros reais fosse de 2,9%. É importante observar que esta análise foi feita para uma área de 13,5ha, que equiivale a área do projeto de irrigação na Fazenda Faria. Para áreas maiores, a condição que desconsidera a utilização da irrigação (manejo 6) pode ser mais atrativa economicamente.

Os valores de VPL encontrados com a utilização do pacote tecnológico de 80sc/ha, mostraram-se viáveis em todos os parâmetros estatísticos determinados nas análises de custo de produção simuladas. O valor presente líquido médio que se mostrou mais promissor foi de 21.627,2dólares/ha, para o manejo de irrigação suplementar durante todo o ano (manejo 1). O menos promissor foi de 3.468,6dólares/ha, encontrado para o manejo que desconsidera a utilização da irrigação (manejo 6).

Entre todos os casos analisados, a opção de utilizar a irrigação durante todo o ano (manejo 1) sempre mostrou-se mais viável que as demais. Os manejos de irrigação 2 e 3 apresentaram resultados economicamente parecidos, ficando sempre abaixo dos resultados encontrados com o manejo 1, e acima dos resultados apresentados com os manejos 5 e 6.

A Tabela 64 apresenta para a propriedade Faria, os custos médios com o sistema de irrigação por gotejamento, quando foram adotados os manejos de irrigação 1 a 5, e os pacotes tecnológicos de 40, 60 e 80sc/ha. Os seguintes itens foram

considerados na composição dos custos com o referido sistema: depreciação, juros reais, operação, manutenção, gastos com energia elétrica e água.

Tabela 64. Custos médios com o sistema de irrigação por gotejamento na propriedade Faria (Lavras, MG), adotando-se os manejos de irrigação 1 a 5 e pacotes tecnológicos de 40, 60 e 80sc/ha.

Vida útil da cultura do cafeeiro	Manejo 1 (dólar/ha)	Manejo 2 (dólar/ha)	Manejo 3 (dólar/ha)	Manejo 4 (dólar/ha)	Manejo 5 (dólar/ha)	Participação no custo total (%)
Pacote tecnológico de 40sc/ha						
Ano Implantação	549,15	509,55	505,89	498,39	423,64	10,3 a 13,0
Ano 1-2	680,57	632,55	616,47	582,67	490,51	23,3 a 29,6
Ano 2-3	776,70	724,92	712,52	653,37	537,62	17,4 a 23,4
Anos 3-4 ... 17-18	873,65	842,23	806,76	733,63	598,80	20,4 a 27,3
Pacote tecnológico de 60sc/ha						
Ano Implantação	543,20	516,36	505,31	499,07	420,28	10,3 a 12,9
Ano 1-2	681,50	632,80	618,95	589,33	495,29	23,5 a 29,7
Ano 2-3	786,73	738,31	714,30	653,53	552,03	17,8 a 23,6
Anos 3-4 ... 17-18	872,91	837,96	802,02	729,65	583,11	16,2 a 22,4
Pacote tecnológico de 80sc/ha						
Ano Implantação	546,79	507,19	506,11	505,85	424,70	10,3 a 12,9
Ano 1-2	679,01	633,67	620,22	588,63	493,09	23,4 a 29,6
Ano 2-3	765,04	736,37	706,48	653,01	537,33	17,4 a 23,1
Anos 3-4 ... 17-18	868,17	837,55	807,17	722,57	585,16	13,7 a 19,1

A variação dos custos com a irrigação, apresentada na Tabela 64, é muito pequena entre os pacotes tecnológicos. O processo aleatório das simulações não permite nem calcular esta diferença. A variação dos custos é maior entre as formas de manejo de irrigação e os anos de desenvolvimento da cultura do cafeeiro. Em relação ao custo total de produção, respectivo à cada manejo de irrigação, verificou-se que:

- os custos médios com o sistema de irrigação ficaram entre 10,3% e 13,0% no ano de implantação; 23,3% e 29,7% no ano 1-2; 17,4% e 23,6% no ano 2-3; e 13,7% e 27,3% nos anos 3-4 e 17-18;
- as diferenças entre os menores e os maiores valores de custo do sistema de irrigação com os manejos 1 a 5, em média, ficaram em 123,51dólares/ha na implantação, 187,40dólares/ha no ano 1-2, 233,83dólares/ha no ano 2-3 e 285,55dólares/ha para a cultura adulta (ano  $X_n$ ).

### a) Custo de produção desconsiderando o custo alternativo do capital de giro e fixo

A maioria dos produtores rurais, devido ao fato de já se encontrarem na atividade agrícola, não consideram o custo alternativo do capital de giro e fixo. A desconsideração dos custos alternativos altera bastante os resultados apresentados nas Tabelas 62 e 63, como pode ser visto na Tabela 65, que apresenta os resultados do valor presente líquido médio (VPL) e taxa interna de retorno média (TIR) encontrados para a propriedade Faria com taxa zero de juros reais para capital de giro e fixo.

Tabela 65. Valores de VPL médio e TIR média, obtidos para a Fazenda Faria (Lavras, MG) com os pacotes tecnológicos de 40, 60 e 80sc/ha e manejos de irrigação 1 a 6, desconsiderando o custo alternativo do capital de giro e fixo.

Critério aval. econômica	Manejo 1	Manejo 2	Manejo 3	Manejo 4	Manejo 5	Manejo 6
Pacote tecnológico de 40sc/ha						
VPL médio (dólar/ha)	2.299,39	1.612,97	1.829,40	882,59	- 918,86	- 3.242,78
TIR média (%)	9,90	8,90	9,20	7,60	4,10	—
Pacote tecnológico de 60sc/ha						
VPL médio (dólar/ha)	13.961,25	12.779,02	12.947,93	11.134,62	7.820,68	1.658,36
TIR média (%)	25,30	24,30	24,50	22,50	18,80	9,80
Pacote tecnológico de 80sc/ha						
VPL médio (dólar/ha)	25.816,15	24.195,08	24.253,91	21.618,57	16.582,73	6.736,51
TIR média (%)	37,90	36,90	36,90	34,60	29,90	19,90

A retirada do custo alternativo do capital de giro e fixo, faz com que o pacote tecnológico de 40sc/ha torne viável para os manejos de irrigação 1 a 4. O manejo 5 somente seria viável se a taxa anual de juros reais fosse de 4,1% , e o manejo que desconsidera o uso da irrigação (manejo 6), não seria viável nem com taxa anual zero de juros reais.

### b) Custo de produção considerando apenas os custos operacionais

Alguns autores de trabalhos envolvendo custos de produção, técnicos e muitos produtores, além de não levarem em consideração os custos alternativos do capital de giro e fixo, não consideram também as depreciações, ou seja, consideram apenas os custos operacionais (materiais e serviços).

O agricultor que se baseia apenas nos custos operacionais, corre um grande risco, pois a remuneração da atividade pode não ser suficiente para manter o projeto a médio e longo prazo. A Tabela 66 apresenta os resultados do valor presente líquido médio e a taxa interna de retorno da média encontrados para a propriedade Faria, considerando apenas os custos operacionais com materiais, serviços e energia elétrica.

Tabela 66. Valor presente líquido médio (VPL) e taxa interna de retorno média (TIR), obtidos para Fazenda Faria (Lavras, MG) com os pacotes tecnológicos de 40, 60 e 80sc/ha e manejos de irrigação 1 a 6, considerando os custos operacionais.

Critério aval. econômica	Manejo 1	Manejo 2	Manejo 3	Manejo 4	Manejo 5	Manejo 6
Pacote tecnológico de 40sc/ha						
VPL médio (dólar/ha)	7.291,43	6.638,82	6.759,92	5.797,41	3.876,68	- 508,59
TIR média (%)	18,80	17,90	18,10	16,80	13,90	4,60
Pacote tecnológico de 60sc/ha						
VPL médio (dólar/ha)	18.889,33	17.733,37	17.876,77	16.023,05	12.633,64	4.347,37
TIR média (%)	33,90	33,00	33,30	31,30	27,80	16,20
Pacote tecnológico de 80sc/ha						
VPL médio (dólar/ha)	30.777,56	29.058,16	29.136,41	26.514,77	21.424,04	9.461,92
TIR média (%)	47,10	45,90	46,20	43,90	39,50	26,10

Considerar apenas os custos operacionais, no pacote tecnológico de 40sc/ha, torna “viável” a condução do projeto no manejo 5. No entanto, para o manejo que desconsidera o uso da irrigação (manejo 6), o valor presente líquido médio ainda é negativo (- 508,59dólares/ha) e a sua adoção somente passaria a ser “viável” com uma taxa anual de juros reais de 4,6%. Se a propriedade Faria tivesse apenas a área de 13,5ha cultivada com café, a condução da lavoura no manejo que desconsidera a irrigação (manejo 6), somente seria possível se houvesse algum subsídio dos recursos variáveis para manter a atividade.

#### 4.2.5.2 Análise da cafeicultura irrigada na propriedade Macaubas

As Tabelas 67 a 77 e Figuras 59 a 61, apresentam os resultados obtidos nas análises da cafeicultura irrigada na propriedade Macaubas, conforme as opções da Tabela 55.

Tabela 67. Valor médio do custo de produção da propriedade Macaubas (Araguari, MG), com o pacote tecnológico de 40sc/ha e manejos de irrigação 1 a 6.

Itens do custo de produção	Manejos de irrigação						Participação no custo total (%)
	Manejo 1	Manejo 2	Manejo 3	Manejo 4	Manejo 5	Manejo 6	
<b>Custo médio de implantação do cafeeiro (dólar/ha)</b>							
Materiais	1.137,23	1.137,56	1.137,02	1.138,55	1.137,88	1.138,04	<b>27,5 a 30,2</b>
Serviços	2.087,22	2.056,01	2.050,54	2.064,13	2.046,62	1.969,62	<b>50,2 a 52,3</b>
Energia elétrica e água	85,44	71,97	66,12	66,44	55,60	0,00	<b>0,0 a 2,1</b>
Manutenção e reparos	46,94	46,94	46,94	46,94	46,94	23,69	<b>0,6 a 1,2</b>
Juros do capital de giro	201,41	198,75	198,04	198,96	197,22	187,88	<b>4,9 a 5,0</b>
<b>Custo variável total</b>	<b>3.558,23</b>	<b>3.511,22</b>	<b>3.498,64</b>	<b>3.515,03</b>	<b>3.484,27</b>	<b>3.319,22</b>	<b>85,7 a 88,1</b>
Soma das depreciações	404,82	404,82	404,82	404,82	404,82	307,94	<b>8,2 a 10,0</b>
Juros do capital fixo	176,25	176,25	176,25	176,25	176,25	141,38	<b>3,8 a 4,3</b>
<b>Custo fixo total</b>	<b>581,06</b>	<b>581,06</b>	<b>581,06</b>	<b>581,06</b>	<b>581,06</b>	<b>449,31</b>	<b>11,9 a 14,3</b>
<b>Custo total</b>	<b>4.139,29</b>	<b>4.092,29</b>	<b>4.079,70</b>	<b>4.096,09</b>	<b>4.065,33</b>	<b>3.768,54</b>	—
<b>Custo médio do cafeeiro no ano 1–2 (dólar/ha)</b>							
Materiais	429,29	429,26	429,94	429,47	429,76	429,53	<b>20,1 a 25,1</b>
Serviços	881,76	867,82	856,22	857,28	833,47	737,42	<b>40,7 a 43,1</b>
Energia elétrica e água	109,25	95,01	86,52	86,69	73,01	0,00	<b>0,0 a 5,1</b>
Manutenção e reparos	46,94	46,94	46,94	46,94	46,94	23,69	<b>1,4 a 2,3</b>
Juros do capital de giro	88,03	86,34	85,18	85,22	82,99	71,44	<b>4,1 a 4,2</b>
<b>Custo variável total</b>	<b>1.555,27</b>	<b>1.525,37</b>	<b>1.504,79</b>	<b>1.505,60</b>	<b>1.466,16</b>	<b>1.262,07</b>	<b>71,6 a 73,7</b>
Soma das depreciações	404,82	404,82	404,82	404,82	404,82	307,94	<b>18,0 a 19,8</b>
Juros do capital fixo	176,25	176,25	176,25	176,25	176,25	141,38	<b>8,3 a 8,6</b>
<b>Custo fixo total</b>	<b>581,06</b>	<b>581,06</b>	<b>581,06</b>	<b>581,06</b>	<b>581,06</b>	<b>449,31</b>	<b>26,3 a 28,4</b>
<b>Custo total</b>	<b>2.136,34</b>	<b>2.106,43</b>	<b>2.085,85</b>	<b>2.086,66</b>	<b>2.047,23</b>	<b>1.711,39</b>	—
<b>Custo médio do cafeeiro no ano 2–3 (dólar/ha)</b>							
Materiais	508,97	509,03	508,69	509,58	509,22	509,63	<b>16,3 a 19,3</b>
Serviços	1.717,61	1.690,51	1.684,01	1.683,93	1.656,98	1.538,85	<b>54,8 a 58,2</b>
Energia elétrica e água	128,48	115,00	104,02	104,06	86,97	0,00	<b>0,0 a 4,1</b>
Manutenção e reparos	46,94	46,94	46,94	46,94	46,94	23,69	<b>0,9 a 1,6</b>
Juros do capital de giro	144,12	141,69	140,62	140,67	138,01	124,33	<b>4,6 a 4,7</b>
<b>Custo variável total</b>	<b>2.546,11</b>	<b>2.503,15</b>	<b>2.484,27</b>	<b>2.485,18</b>	<b>2.438,11</b>	<b>2.196,49</b>	<b>80,8 a 83,0</b>
Soma das depreciações	404,82	404,82	404,82	404,82	404,82	307,94	<b>11,6 a 13,4</b>
Juros do capital fixo	176,25	176,25	176,25	176,25	176,25	141,38	<b>5,3 a 5,8</b>
<b>Custo fixo total</b>	<b>581,06</b>	<b>581,06</b>	<b>581,06</b>	<b>581,06</b>	<b>581,06</b>	<b>449,31</b>	<b>17,0 a 19,2</b>
<b>Custo total</b>	<b>3.127,18</b>	<b>3.084,22</b>	<b>3.065,34</b>	<b>3.066,25</b>	<b>3.019,18</b>	<b>2.645,81</b>	—
<b>Custo médio do cafeeiro no ano 3–4 (dólar/ha)</b>							
Materiais	777,07	776,35	776,14	776,33	777,23	776,71	<b>26,2 a 31,6</b>
Serviços	1.281,70	1.274,99	1.256,16	1.259,99	1.221,98	1.090,89	<b>42,8 a 44,5</b>
Energia elétrica e água	148,95	136,46	121,98	121,78	100,24	0,00	<b>0,0 a 5,0</b>
Manutenção e reparos	46,94	46,94	46,94	46,94	46,94	23,69	<b>1,0 a 1,6</b>
Juros do capital de giro	135,28	134,08	132,07	132,30	128,78	113,48	<b>4,5 a 4,6</b>
<b>Custo variável total</b>	<b>2.389,94</b>	<b>2.368,82</b>	<b>2.333,30</b>	<b>2.337,34</b>	<b>2.275,16</b>	<b>2.004,76</b>	<b>79,7 a 81,7</b>
Soma das depreciações	404,82	404,82	404,82	404,82	404,82	307,94	<b>12,5 a 14,2</b>
Juros do capital fixo	176,25	176,25	176,25	176,25	176,25	141,38	<b>5,8 a 6,2</b>
<b>Custo fixo total</b>	<b>581,06</b>	<b>581,06</b>	<b>581,06</b>	<b>581,06</b>	<b>581,06</b>	<b>449,31</b>	<b>18,3 a 20,3</b>
<b>Custo total</b>	<b>2.971,00</b>	<b>2.949,88</b>	<b>2.914,36</b>	<b>2.918,41</b>	<b>2.856,23</b>	<b>2.454,08</b>	—
$\Delta\%$ do custo total (%)*	0,23	0,28	0,38	0,25	0,17	0,28	—
Valor Presente Líquido	<b>1.131,90</b>	<b>163,28</b>	<b>-139,75</b>	<b>-159,10</b>	<b>-1.376,36</b>	<b>-4.948,35</b>	—

\* Variação percentual entre o menor e o maior valor do custo total, entre os anos  $X_{3-4}$  e  $X_{17-18}$

Tabela 68. Produtividade média (Prod.) e preço médio da saca de café beneficiado da propriedade Macaubas (Araguari, MG), nos anos de vida do cafeeiro, com os manejos de irrigação 1 a 6 e pacote tecnológico de 40sc/ha.

Ano	Manejo 1		Manejo 2		Manejo 3		Manejo 4		Manejo 5		Manejo 6	
	Prod. sc/ha	Valor US\$/sc	Prod. sc/ha	Valor US\$/sc	Prod. sc/ha	Valor US\$/sc	Prod. sc/ha	Valor US\$/sc	Prod. sc/ha	Valor US\$/sc	Prod. sc/ha	Valor US\$/sc
0-1*	0,0	146,4	0,0	146,8	0,0	146,5	0,0	146,4	0,0	146,6	0,0	146,6
1-2	0,0	107,6	0,0	107,7	0,0	107,5	0,0	107,6	0,0	107,5	0,0	107,5
2-3	14,0	101,5	14,0	101,6	14,0	101,4	14,0	101,5	14,0	101,5	14,0	101,6
3-4	57,3	101,8	54,5	102,0	53,2	101,9	53,3	102,0	49,5	102,1	33,1	102,0
4-5	16,1	86,4	16,1	86,5	15,9	86,5	16,0	86,5	15,8	86,4	15,0	86,4
5-6	55,2	75,2	52,6	75,4	51,4	75,3	51,4	75,3	47,7	75,2	32,2	75,2
6-7	18,1	91,5	17,8	91,5	17,7	91,3	17,7	91,4	17,4	91,4	15,9	91,5
7-8	53,4	161,4	50,8	161,4	49,7	161,2	49,7	161,5	46,2	161,4	31,4	161,5
8-9	19,9	118,7	19,5	118,7	19,3	118,7	19,3	118,7	18,9	118,7	16,6	118,7
9-10	51,7	94,7	49,3	94,8	48,2	94,8	48,2	94,7	44,8	94,7	30,7	94,7
10-11	21,4	146,4	21,0	146,5	20,8	146,6	20,8	146,5	20,1	146,5	17,3	146,4
11-12	50,2	107,6	47,8	107,6	46,9	107,5	46,8	107,6	43,6	107,5	30,0	107,6
12-13	22,9	101,6	22,3	101,6	22,1	101,4	22,1	101,5	21,3	101,6	18,0	101,6
13-14	48,8	101,9	46,6	101,8	45,6	101,9	45,6	101,9	42,5	102,1	29,3	102,0
14-15	24,2	86,4	23,5	86,4	23,3	86,5	23,3	86,5	22,4	86,4	18,5	86,5
15-16	47,6	75,2	45,4	75,3	44,5	75,2	44,5	75,2	41,4	75,3	28,9	75,2
16-17	25,3	91,4	24,6	91,5	24,4	91,4	24,3	91,5	23,3	91,5	19,0	91,4
17-18	46,5	161,4	44,4	161,2	43,5	161,0	43,5	161,3	40,6	161,4	28,4	161,6
<b>Média</b>	<b>35,8</b>	<b>108,7</b>	<b>34,4</b>	<b>108,8</b>	<b>33,8</b>	<b>108,7</b>	<b>33,8</b>	<b>108,8</b>	<b>31,8</b>	<b>108,8</b>	<b>23,6</b>	<b>108,8</b>

\* Ano de implantação da cultura do cafeeiro

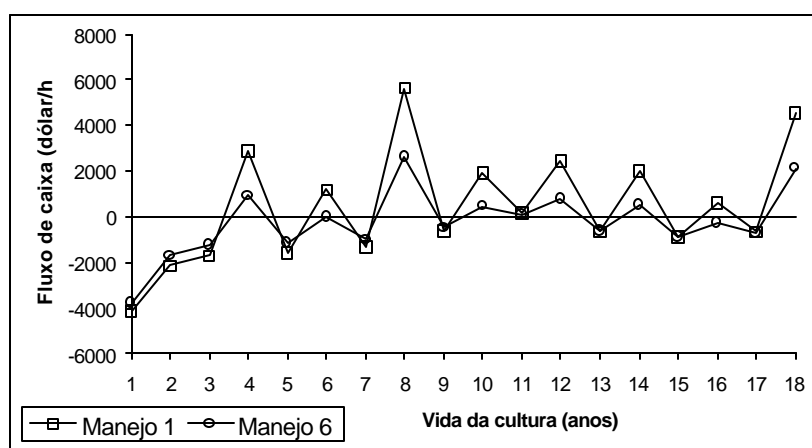


Figura 59 – Fluxo de caixa (benefício – custo total) obtido para a Fazenda Macaubas (Araguari, MG), utilizando o pacote tecnológico 40sc/ha e manejos de irrigação 1 e 6.



Tabela 69. Valor médio do custo de produção da propriedade Macaubas (Araguari, MG), com o pacote tecnológico de 60sc/ha e manejos de irrigação 1a 6.

Itens do custo de produção	Manejos de irrigação						Participação no custo total (%)
	Manejo 1	Manejo 2	Manejo 3	Manejo 4	Manejo 5	Manejo 6	
<b>Custo médio de implantação do cafeeiro (dólar/ha)</b>							
Materiais	1.138,40	1.136,56	1.137,34	1.138,14	1.136,72	1.137,35	<b>27,5 a 30,1</b>
Serviços	2.079,67	2.065,28	2.055,11	2.063,45	2.045,85	1.975,48	<b>50,3 a 52,3</b>
Energia elétrica e água	85,12	72,10	66,17	65,93	55,45	0,00	<b>0,0 a 2,1</b>
Manutenção e reparos	46,94	46,94	46,94	46,94	46,94	23,69	<b>0,6 a 1,2</b>
Juros do capital de giro	201,01	199,25	198,33	198,87	197,10	188,19	<b>4,9 a 5,0</b>
<b>Custo variável total</b>	<b>3.551,14</b>	<b>3.520,13</b>	<b>3.503,89</b>	<b>3.513,32</b>	<b>3.482,05</b>	<b>3.324,71</b>	<b>85,7 a 88,1</b>
Soma das depreciações	404,82	404,82	404,82	404,82	404,82	307,94	<b>8,2 a 10,0</b>
Juros do capital fixo	176,25	176,25	176,25	176,25	176,25	141,38	<b>3,7 a 4,3</b>
<b>Custo fixo total</b>	<b>581,06</b>	<b>581,06</b>	<b>581,06</b>	<b>581,06</b>	<b>581,06</b>	<b>449,31</b>	<b>11,9 a 14,3</b>
<b>Custo total</b>	<b>4.132,20</b>	<b>4.101,19</b>	<b>4.084,96</b>	<b>4.094,39</b>	<b>4.063,12</b>	<b>3.774,02</b>	—
<b>Custo médio do cafeeiro no ano 1–2 (dólar/ha)</b>							
Materiais	430,15	428,98	429,45	430,66	429,44	429,65	<b>20,1 a 25,1</b>
Serviços	882,77	866,89	858,05	854,46	833,08	738,94	<b>40,7 a 43,1</b>
Energia elétrica e água	108,87	95,12	86,39	86,29	72,96	0,00	<b>0,0 a 5,1</b>
Manutenção e reparos	46,94	46,94	46,94	46,94	46,94	23,69	<b>1,4 a 2,3</b>
Juros do capital de giro	88,12	86,28	85,25	85,10	82,94	71,54	<b>4,1 a 4,2</b>
<b>Custo variável total</b>	<b>1.556,85</b>	<b>1.524,20</b>	<b>1.506,08</b>	<b>1.503,44</b>	<b>1.465,36</b>	<b>1.263,82</b>	<b>71,6 a 73,8</b>
Soma das depreciações	404,82	404,82	404,82	404,82	404,82	307,94	<b>18,0 a 19,8</b>
Juros do capital fixo	176,25	176,25	176,25	176,25	176,25	141,38	<b>8,2 a 8,6</b>
<b>Custo fixo total</b>	<b>581,06</b>	<b>581,06</b>	<b>581,06</b>	<b>581,06</b>	<b>581,06</b>	<b>449,31</b>	<b>26,2 a 28,4</b>
<b>Custo total</b>	<b>2.137,92</b>	<b>2.105,27</b>	<b>2.087,14</b>	<b>2.084,51</b>	<b>2.046,43</b>	<b>1.713,13</b>	—
<b>Custo médio do cafeeiro no ano 2–3 (dólar/ha)</b>							
Materiais	509,27	508,93	510,21	510,51	509,46	509,17	<b>16,3 a 19,2</b>
Serviços	1.718,42	1.695,20	1.685,35	1.684,28	1.654,22	1.544,99	<b>54,8 a 58,3</b>
Energia elétrica e água	128,11	115,70	103,88	103,39	87,21	0,00	<b>0,0 a 4,1</b>
Manutenção e reparos	46,94	46,94	46,94	46,94	46,94	23,69	<b>0,9 a 1,6</b>
Juros do capital de giro	144,16	142,01	140,78	140,71	137,87	124,67	<b>4,6 a 4,7</b>
<b>Custo variável total</b>	<b>2.546,90</b>	<b>2.508,77</b>	<b>2.487,16</b>	<b>2.485,83</b>	<b>2.435,70</b>	<b>2.202,52</b>	<b>80,7 a 83,1</b>
Soma das depreciações	404,82	404,82	404,82	404,82	404,82	307,94	<b>11,6 a 13,4</b>
Juros do capital fixo	176,25	176,25	176,25	176,25	176,25	141,38	<b>5,3 a 5,8</b>
<b>Custo fixo total</b>	<b>581,06</b>	<b>581,06</b>	<b>581,06</b>	<b>581,06</b>	<b>581,06</b>	<b>449,31</b>	<b>16,9 a 19,3</b>
<b>Custo total</b>	<b>3.127,96</b>	<b>3.089,84</b>	<b>3.068,22</b>	<b>3.066,89</b>	<b>3.016,76</b>	<b>2.651,84</b>	—
<b>Custo médio do cafeeiro no ano 3–4 (dólar/ha)</b>							
Materiais	1.016,82	1.016,72	1.016,95	1.017,60	1.017,00	1.016,82	<b>28,1 a 32,6</b>
Serviços	1.655,18	1.654,72	1.642,55	1.638,80	1.605,87	1.475,30	<b>45,7 a 47,3</b>
Energia elétrica e água	148,71	137,25	121,82	121,37	100,19	0,00	<b>0,0 a 4,1</b>
Manutenção e reparos	46,94	46,94	46,94	46,94	46,94	23,69	<b>0,8 a 1,3</b>
Juros do capital de giro	172,06	171,34	169,70	169,48	166,20	150,95	<b>4,7 a 4,8</b>
<b>Custo variável total</b>	<b>3.039,71</b>	<b>3.026,96</b>	<b>2.997,95</b>	<b>2.994,19</b>	<b>2.936,19</b>	<b>2.666,75</b>	<b>83,5 a 85,6</b>
Soma das depreciações	404,82	404,82	404,82	404,82	404,82	307,94	<b>9,9 a 11,5</b>
Juros do capital fixo	176,25	176,25	176,25	176,25	176,25	141,38	<b>4,5 a 5,0</b>
<b>Custo fixo total</b>	<b>581,06</b>	<b>581,06</b>	<b>581,06</b>	<b>581,06</b>	<b>581,06</b>	<b>449,31</b>	<b>14,4 a 16,5</b>
<b>Custo total</b>	<b>3.620,77</b>	<b>3.608,02</b>	<b>3.579,01</b>	<b>3.575,25</b>	<b>3.517,25</b>	<b>3.116,07</b>	—
$\Delta\%$ do custo total (%)*	0,41	0,34	0,28	0,33	0,20	0,21	—
<b>Valor Presente Líquido</b>	<b>12.745,5</b>	<b>10.984,0</b>	<b>10.452,5</b>	<b>10.465,4</b>	<b>8.306,44</b>	<b>816,74</b>	—

\* Variação percentual entre o menor e o maior valor do custo total, entre os anos  $X_{3-4}$  e  $X_{17-18}$

Tabela 70. Produtividade média (Prod.) e preço médio da saca de café beneficiado da propriedade Macaubas (Araguari, MG), nos anos de vida do cafeeiro, com os manejos de irrigação 1 a 6 e pacote tecnológico de 60sc/ha.

Ano	Manejo 1		Manejo 2		Manejo 3		Manejo 4		Manejo 5		Manejo 6	
	Prod. sc/ha	Valor US\$/sc	Prod. sc/ha	Valor US\$/sc	Prod. sc/ha	Valor US\$/sc	Prod. sc/ha	Valor US\$/sc	Prod. sc/ha	Valor US\$/sc	Prod. sc/ha	Valor US\$/sc
0-1*	0,0	146,9	0,0	146,5	0,0	146,4	0,0	146,7	0,0	146,3	0,0	146,6
1-2	0,0	107,7	0,0	107,7	0,0	107,5	0,0	107,6	0,0	107,7	0,0	107,6
2-3	21,0	101,6	21,0	101,6	21,0	101,6	21,0	101,6	21,0	101,5	21,0	101,5
3-4	85,9	101,8	81,8	101,8	79,9	102,1	79,9	102,0	74,2	102,0	49,6	101,9
4-5	24,3	86,5	24,0	86,4	24,0	86,5	23,9	86,6	23,6	86,4	22,5	86,4
5-6	82,8	75,3	78,9	75,2	77,1	75,2	77,2	75,3	71,7	75,3	48,3	75,1
6-7	27,2	91,5	26,6	91,4	26,7	91,4	26,6	91,5	26,0	91,5	23,7	91,4
7-8	80,0	161,7	76,3	161,3	74,5	161,4	74,6	161,4	69,4	161,4	47,2	161,4
8-9	29,8	118,7	29,1	118,7	29,1	118,8	29,0	118,7	28,1	118,7	24,6	118,8
9-10	77,5	94,8	74,0	94,7	72,2	94,8	72,3	94,8	67,3	94,7	46,2	94,8
10-11	32,2	146,7	31,4	146,4	31,3	146,6	31,2	146,5	30,2	146,3	25,8	146,4
11-12	75,3	107,8	71,9	107,6	70,2	107,6	70,3	107,6	65,5	107,6	45,0	107,5
12-13	34,4	101,6	33,4	101,5	33,2	101,5	33,1	101,5	31,8	101,6	26,8	101,6
13-14	73,2	101,8	70,0	101,7	68,4	102,0	68,3	101,9	63,8	102,0	44,2	102,0
14-15	36,3	86,4	35,2	86,4	34,9	86,5	34,9	86,6	33,5	86,4	27,7	86,5
15-16	71,4	75,4	68,2	75,3	66,7	75,2	66,7	75,3	62,3	75,2	43,3	75,3
16-17	38,0	91,5	36,8	91,4	36,5	91,4	36,4	91,5	35,0	91,5	28,5	91,4
17-18	69,7	161,3	66,7	161,1	65,2	161,6	65,2	161,3	60,9	161,2	42,5	161,2
<b>Média</b>	<b>53,7</b>	<b>108,8</b>	<b>51,6</b>	<b>108,7</b>	<b>50,7</b>	<b>108,8</b>	<b>50,7</b>	<b>108,8</b>	<b>47,8</b>	<b>108,7</b>	<b>35,4</b>	<b>108,7</b>

\* Ano de implantação da cultura do cafeeiro

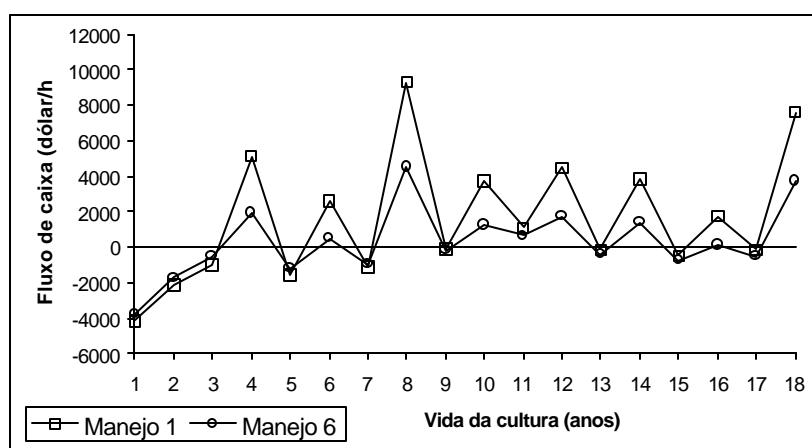


Figura 60 – Fluxo de caixa (benefício – custo total) obtido para a Fazenda Macaubas (Araguari, MG), utilizando o pacote tecnológico 60sc/ha e manejos de irrigação 1 e 6.

Tabela 71. Valor médio do custo de produção da propriedade Macaubas (Araguari, MG), com o pacote tecnológico de 80sc/ha e manejos de irrigação 1a 6.

Itens do custo de produção	Manejos de irrigação						Participação no custo total (%)
	Manejo 1	Manejo 2	Manejo 3	Manejo 4	Manejo 5	Manejo 6	
<b>Custo médio de implantação do cafeeiro (dólar/ha)</b>							
Materiais	1.137,83	1.136,60	1.137,84	1.137,01	1.138,33	1.137,05	<b>27,5 a 30,2</b>
Serviços	2.088,28	2.050,31	2.062,75	2.068,15	2.044,56	1.971,94	<b>50,2 a 52,3</b>
Energia elétrica e água	85,45	72,20	66,29	66,20	55,50	0,00	<b>0,0 a 2,1</b>
Manutenção e reparos	46,94	46,94	46,94	46,94	46,94	23,69	<b>0,6 a 1,2</b>
Juros do capital de giro	201,51	198,36	198,83	199,10	197,12	187,96	<b>4,9 a 5,0</b>
<b>Custo variável total</b>	<b>3.560,01</b>	<b>3.504,41</b>	<b>3.512,65</b>	<b>3.517,39</b>	<b>3.482,45</b>	<b>3.320,63</b>	<b>85,7 a 88,1</b>
Soma das depreciações	404,82	404,82	404,82	404,82	404,82	307,94	<b>8,2 a 10,0</b>
Juros do capital fixo	176,25	176,25	176,25	176,25	176,25	141,38	<b>3,8 a 4,3</b>
<b>Custo fixo total</b>	<b>581,06</b>	<b>581,06</b>	<b>581,06</b>	<b>581,06</b>	<b>581,06</b>	<b>449,31</b>	<b>11,9 a 14,3</b>
<b>Custo total</b>	<b>4.141,08</b>	<b>4.085,47</b>	<b>4.093,71</b>	<b>4.098,45</b>	<b>4.063,52</b>	<b>3.769,95</b>	—
<b>Custo médio do cafeeiro no ano 1–2 (dólar/ha)</b>							
Materiais	429,36	429,06	429,52	429,80	429,37	429,49	<b>20,1 a 25,1</b>
Serviços	880,70	867,64	858,48	856,88	832,66	736,71	<b>40,7 a 43,1</b>
Energia elétrica e água	109,25	94,97	86,47	86,21	73,08	0,00	<b>0,0 a 5,1</b>
Manutenção e reparos	46,94	46,94	46,94	46,94	46,94	23,69	<b>1,4 a 2,3</b>
Juros do capital de giro	87,97	86,32	85,28	85,19	82,92	71,39	<b>4,1 a 4,2</b>
<b>Custo variável total</b>	<b>1.554,22</b>	<b>1.524,92</b>	<b>1.506,70</b>	<b>1.505,02</b>	<b>1.464,97</b>	<b>1.261,28</b>	<b>71,6 a 73,7</b>
Soma das depreciações	404,82	404,82	404,82	404,82	404,82	307,94	<b>18,0 a 19,8</b>
Juros do capital fixo	176,25	176,25	176,25	176,25	176,25	141,38	<b>8,3 a 8,6</b>
<b>Custo fixo total</b>	<b>581,06</b>	<b>581,06</b>	<b>581,06</b>	<b>581,06</b>	<b>581,06</b>	<b>449,31</b>	<b>26,3 a 28,4</b>
<b>Custo total</b>	<b>2.135,29</b>	<b>2.105,99</b>	<b>2.087,76</b>	<b>2.086,08</b>	<b>2.046,04</b>	<b>1.710,59</b>	—
<b>Custo médio do cafeeiro no ano 2–3 (dólar/ha)</b>							
Materiais	510,41	508,48	509,72	509,50	509,65	509,43	<b>16,3 a 19,2</b>
Serviços	1.717,62	1.694,99	1.685,26	1.682,46	1.653,65	1.548,46	<b>54,8 a 58,3</b>
Energia elétrica e água	128,17	115,35	104,10	103,75	87,38	0,00	<b>0,0 a 4,1</b>
Manutenção e reparos	46,94	46,94	46,94	46,94	46,94	23,69	<b>0,9 a 1,6</b>
Juros do capital de giro	144,19	141,95	140,76	140,56	137,86	124,89	<b>4,6 a 4,7</b>
<b>Custo variável total</b>	<b>2.547,33</b>	<b>2.507,70</b>	<b>2.486,78</b>	<b>2.483,21</b>	<b>2.435,46</b>	<b>2.206,47</b>	<b>80,7 a 83,1</b>
Soma das depreciações	404,82	404,82	404,82	404,82	404,82	307,94	<b>11,6 a 13,4</b>
Juros do capital fixo	176,25	176,25	176,25	176,25	176,25	141,38	<b>5,3 a 5,8</b>
<b>Custo fixo total</b>	<b>581,06</b>	<b>581,06</b>	<b>581,06</b>	<b>581,06</b>	<b>581,06</b>	<b>449,31</b>	<b>16,9 a 19,3</b>
<b>Custo total</b>	<b>3.128,39</b>	<b>3.088,77</b>	<b>3.067,84</b>	<b>3.064,27</b>	<b>3.016,52</b>	<b>2.655,78</b>	—
<b>Custo médio do cafeeiro no ano 3–4 (dólar/ha)</b>							
Materiais	1.260,55	1.258,37	1.259,04	1.260,77	1.260,31	1.249,90	<b>29,4 a 33,2</b>
Serviços	2.045,77	2.027,81	2.017,82	2.024,48	1.979,50	1.859,10	<b>47,5 a 49,3</b>
Energia elétrica e água	148,78	137,14	121,67	121,47	100,27	0,00	<b>0,0 a 3,5</b>
Manutenção e reparos	46,94	46,94	46,94	46,94	46,94	23,69	<b>0,6 a 1,1</b>
Juros do capital de giro	210,12	208,22	206,73	207,22	203,22	187,96	<b>4,9 a 5,0</b>
<b>Custo variável total</b>	<b>3.712,17</b>	<b>3.678,47</b>	<b>3.652,20</b>	<b>3.660,88</b>	<b>3.590,24</b>	<b>3.320,65</b>	<b>86,1 a 88,1</b>
Soma das depreciações	404,82	404,82	404,82	404,82	404,82	307,94	<b>8,2 a 9,7</b>
Juros do capital fixo	176,25	176,25	176,25	176,25	176,25	141,38	<b>3,8 a 4,2</b>
<b>Custo fixo total</b>	<b>581,06</b>	<b>581,06</b>	<b>581,06</b>	<b>581,06</b>	<b>581,06</b>	<b>449,31</b>	<b>11,9 a 13,9</b>
<b>Custo total</b>	<b>4.293,23</b>	<b>4.259,53</b>	<b>4.233,26</b>	<b>4.241,94</b>	<b>4.171,31</b>	<b>3.769,96</b>	—
$\Delta\%$ do custo total (%)*	0,21	0,37	0,20	0,20	0,33	0,32	—
Valor Presente Líquido	<b>24.216,6</b>	<b>21.889,5</b>	<b>20.978,4</b>	<b>20.963,4</b>	<b>17.966,1</b>	<b>6.711,14</b>	—

\* Variação percentual entre o menor e o maior valor do custo total, entre os anos  $X_{3-4}$  e  $X_{17-18}$

Tabela 72. Produtividade média (Prod.) e preço médio da saca de café beneficiado da propriedade Macaubas (Araguari, MG), nos anos de vida do cafeeiro, com os manejos de irrigação 1 a 6 e pacote tecnológico de 80sc/ha.

Ano	Manejo 1		Manejo 2		Manejo 3		Manejo 4		Manejo 5		Manejo 6	
	Prod. sc/ha	Valor US\$/sc	Prod. sc/ha	Valor US\$/sc	Prod. sc/ha	Valor US\$/sc	Prod. sc/ha	Valor US\$/sc	Prod. sc/ha	Valor US\$/sc	Prod. sc/ha	Valor US\$/sc
0-1*	0,0	146,6	0,0	146,3	0,0	146,5	0,0	146,5	0,0	146,2	0,0	146,5
1-2	0,0	107,6	0,0	107,5	0,0	107,6	0,0	107,7	0,0	107,5	0,0	107,5
2-3	28,0	101,6	28,0	101,6	28,0	101,5	28,0	101,6	28,0	101,6	28,0	101,5
3-4	114,5	102,1	109,0	101,9	106,5	101,8	106,5	101,7	98,8	101,9	66,2	102,0
4-5	32,3	86,4	32,0	86,5	32,0	86,4	31,9	86,4	31,5	86,4	30,0	86,4
5-6	110,4	75,1	105,1	75,3	102,8	75,2	102,8	75,2	95,5	75,1	64,3	75,2
6-7	36,2	91,5	35,7	91,4	35,5	91,5	35,5	91,4	34,8	91,4	31,8	91,4
7-8	106,7	161,4	101,7	161,2	99,4	161,3	99,4	161,4	92,4	161,4	62,7	161,3
8-9	39,7	118,7	39,0	118,8	38,7	118,7	38,7	118,7	37,6	118,7	33,2	118,7
9-10	103,4	94,7	98,5	94,8	96,3	94,7	96,4	94,7	89,7	94,7	61,3	94,7
10-11	42,9	146,5	42,0	146,5	41,6	146,6	41,6	146,4	40,2	146,4	34,6	146,5
11-12	100,4	107,6	95,7	107,5	93,6	107,5	93,6	107,6	87,2	107,6	60,0	107,5
12-13	45,8	101,5	44,7	101,6	44,2	101,5	44,2	101,5	42,7	101,7	35,9	101,5
13-14	97,6	102,0	93,1	102,1	91,2	101,9	91,2	102,0	84,9	101,8	58,8	101,9
14-15	48,4	86,5	47,1	86,5	46,5	86,4	46,6	86,4	44,8	86,4	37,0	86,5
15-16	95,2	75,1	90,8	75,1	89,0	75,1	88,9	75,1	82,9	75,2	57,8	75,2
16-17	50,7	91,4	49,2	91,3	48,6	91,4	48,7	91,4	46,8	91,4	37,9	91,4
17-18	92,9	161,4	88,8	161,3	86,9	161,4	86,8	161,4	81,1	161,5	56,8	161,2
Média	71,6	108,8	68,8	108,7	67,5	108,7	67,6	108,7	63,7	108,7	47,3	108,7

\* Ano de implantação da cultura do cafeeiro

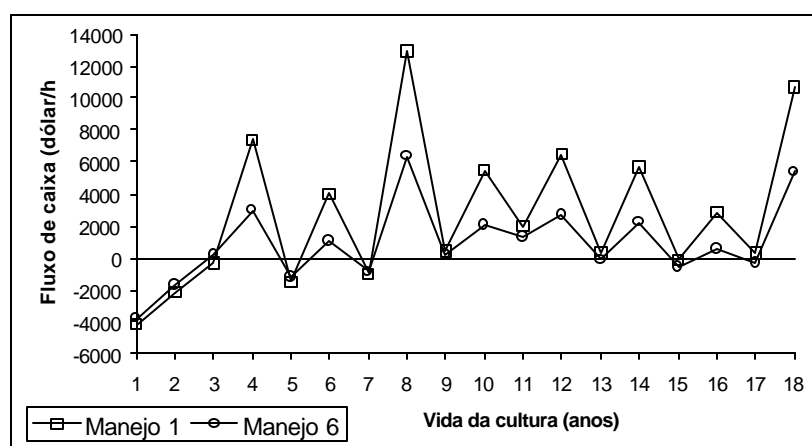


Figura 61 – Fluxo de caixa (benefício – custo total) obtido para a Fazenda Macaubas (Araguari, MG), utilizando o pacote tecnológico 80sc/ha e manejos de irrigação 1 e 6.

Tabela 73. Parâmetros estatísticos dos valores presentes líquidos (VPL), obtidos para o projeto de irrigação do cafeeiro na Fazenda Macaubas (Araguari, MG), considerando os pacotes tecnológicos 40, 60 e 80sc/ha e os manejos de irrigação 1 a 6.

Critério de avaliação econômica	Menor valor (dólar/ha)	Maior valor (dólar/ha)	Valor modal (dólar/ha)	Média (dólar/ha)	Desvio padrão (dólar/ha)	Valor 80% probabilidade (dólar/ha)
Pacote tecnológico de 40sc/ha						
VPL Manejo 1	- 283,8	2.441,4	1.150,5	1.131,9	429,0	1.493,0
VPL Manejo 2	- 1.489,1	1.421,8	42,9	163,3	432,4	527,2
VPL Manejo 3	- 1.431,3	1.143,2	- 76,3	- 139,8	428,8	221,2
VPL Manejo 4	- 1.465,0	1.416,5	- 100,1	- 159,1	436,8	208,6
VPL Manejo 5	- 2.673,7	220,2	- 1.302,9	- 1.376,4	425,2	- 1.018,5
VPL Manejo 6	- 6.205,6	- 3.607,6	- 4.975,0	- 4.948,4	386,4	- 4.623,0
Pacote tecnológico de 60sc/ha						
VPL Manejo 1	10.883,0	14.659,8	12.870,8	12.745,5	580,1	13.233,8
VPL Manejo 2	9.325,2	12.720,3	11.112,1	10.984,0	558,2	11.454,0
VPL Manejo 3	8.131,2	12.337,5	10.345,0	10.452,6	588,9	10.948,3
VPL Manejo 4	8.489,7	12.608,5	10.440,7	10.465,4	644,3	11.007,8
VPL Manejo 5	6.624,6	9.834,3	7.976,1	8.306,4	555,5	8.774,1
VPL Manejo 6	- 715,5	2.682,8	894,2	816,7	505,4	1.242,2
Pacote tecnológico de 80sc/ha						
VPL Manejo 1	21.830,7	26.739,4	24.672,6	24.216,7	815,3	24.903,0
VPL Manejo 2	19.520,3	23.976,4	21.865,6	21.889,5	658,8	22.444,1
VPL Manejo 3	17.966,8	23.360,6	21.089,5	20.978,4	762,1	21.620,0
VPL Manejo 4	18.453,1	23.555,4	20.870,0	20.963,5	834,8	21.666,1
VPL Manejo 5	15.318,7	20.302,8	17.941,9	17.966,1	733,5	18.583,6
VPL Manejo 6	4.657,5	8.585,8	6.931,8	6.711,1	626,0	7.238,1

Tabela 74. Valor médio da taxa interna de retorno (TIR), obtida para o projeto de irrigação do cafeeiro na Fazenda Macaubas (Araguari, MG), considerando os pacotes tecnológicos 40, 60 e 80sc/ha e os manejos de irrigação 1 a 6.

Pacote tecnológico	Valor médio da taxa interna de retorno (%)											
	Manejo 1	$\sigma^*$	Manejo 2	$\sigma^*$	Manejo 3	$\sigma^*$	Manejo 4	$\sigma^*$	Manejo 5	$\sigma^*$	Manejo 6	$\sigma^*$
40sc/ha	7,9	0,7	6,3	0,8	5,8	0,8	5,7	0,8	3,4	0,8	—	—
60sc/ha	23,1	1,1	21,3	1,0	20,8	1,0	20,8	1,1	18,4	1,0	7,7	1,0
80sc/ha	34,9	1,4	33,1	1,3	32,3	1,4	32,2	1,4	29,6	1,3	18,0	1,3

\* Desvio padrão da TIR da média obtida nas 1.500 simulações e 18 anos de vida do projeto

Novamente, é importante observar que os valores de VPL apresentados nas Tabelas 62 e 73, referem-se ao período de 18 anos de vida útil da cultura do cafeeiro (projeto) que foi considerado nas análises.

De acordo com os valores de VPL encontrados, os manejos 1 e 2 de irrigação no pacote tecnológico de 40sc/ha, mostraram-se viáveis economicamente. No entanto, o risco de conduzir o projeto no manejo 2 de irrigação seria alto, pois o VPL médio encontrado nas simulações foi de apenas 163,3dólares/ha, e o desvio padrão das médias foi de 432,4dólares/ha. Os manejos de irrigação 3, 4 e 5, somente seriam interessantes economicamente com uma taxa anual de juros reais de 5,8%, 5,7% e 3,4%, respectivamente. O manejo que desconsidera o uso da irrigação (manejo 6), não seria viável nem com uma taxa anual zero de juros reais. Baseando-se nas análises de VPL com os maiores valores de custo (menor valor VPL), os manejos de irrigação 1 a 6 utilizados na condução da lavoura, seriam inviáveis.

No pacote tecnológico de 60sc/ha, os valores de VPL obtidos nas simulações, indicam que os manejos de irrigação 1 a 6 são viáveis economicamente. No entanto, o manejo que desconsidera a utilização das irrigações (manejo 6), ainda apresenta risco de prejuízo de até 715,50dólares/ha, de acordo com a análise dos menores valores de VPL (maiores valores de custo).

Os valores de VPL encontrados com a utilização do pacote tecnológico de 80sc/ha mostraram-se viáveis em todos os parâmetros estatísticos determinados nas análises de custo de produção simulados. Logo, mediante as opções que foram feitas para realização das análises (Tabela 55), o agricultor não corre nenhum risco econômico, apenas está sujeito a obter menor lucratividade com a escolha de um manejo de irrigação menos adequado, ou de não estar utilizando a irrigação.

Entre todos os casos analisados, combinando os pacotes tecnológicos de 40, 60 e 80sc/ha com os manejos de irrigação 1 a 6, verificou-se que a opção de utilizar a irrigação durante todo o ano (manejo 1) sempre mostrou-se mais viável que as demais.

Os critérios de análise econômica apresentados nas Tabela 73 e 74 para a Fazenda Macaubas, quando contrastados com os dados das Tabelas 62 e 63 da Fazenda

Faria, evidenciam que o aumento da área do projeto de irrigação contribui para o aumento dos benefícios. As duas propriedades estão em regiões diferentes e possuem características particulares, no entanto, o grande peso no custo de produção decorre dos custos variáveis, e nas análises que foram simuladas, os pacotes tecnológicos utilizados nas duas propriedades são iguais. Guardada as devidas proporções e diferenças, os valores de TIR obtidos na área de 98,4ha irrigada com pivô central da Fazenda Macaubas, foram maiores 3,7%, 3,9% e 3,8%, que os valores de TIR obtidos na área de 13,5ha irrigada com o sistema gotejamento da Fazenda Faria, respectivamente, para os pacotes tecnológicos de 40, 60 e 80sc/ha.

A Tabela 75 apresenta para a propriedade Macaubas, os custos médios com o sistema pivô central, quando foram adotados os manejos de irrigação 1 a 5 e os pacotes tecnológicos de 40, 60 e 80sc/ha. Os seguintes itens foram considerados na composição dos custos com o referido sistema: depreciação, juros reais, operação, manutenção, gastos com energia elétrica e água.

Tabela 75. Custo médio com o sistema de irrigação na propriedade Macaubas (Araguari, MG), adotando-se os manejos de irrigação 1 a 5 e pacotes tecnológicos de 40, 60 e 80sc/ha.

Vida útil da cultura do cafeeiro	Manejo 1 (dólar/ha)	Manejo 2 (dólar/ha)	Manejo 3 (dólar/ha)	Manejo 4 (dólar/ha)	Manejo 5 (dólar/ha)	Participação no custo total (%)
<b>Pacote tecnológico de 40sc/ha</b>						
Ano Implantação	370,76	323,76	311,16	327,56	296,79	7,3 a 9,0
Ano 1-2	424,95	395,04	374,46	375,27	335,84	16,4 a 19,9
Ano 2-3	481,37	438,41	419,53	420,44	373,37	12,4 a 15,4
Anos 3-4 ... 17-18	516,92	495,81	460,29	464,33	402,15	14,1 a 17,4
<b>Pacote tecnológico de 60sc/ha</b>						
Ano Implantação	358,18	327,17	310,94	320,37	289,10	7,1 a 8,7
Ano 1-2	424,79	392,14	374,01	371,38	333,30	16,3 a 19,9
Ano 2-3	476,13	438,00	416,38	415,06	364,93	12,1 a 15,2
Anos 3-4 ... 17-18	504,70	491,95	462,94	459,18	401,18	11,4 a 13,9
<b>Pacote tecnológico de 80sc/ha</b>						
Ano Implantação	371,13	315,52	323,77	328,51	293,57	7,2 a 9,0
Ano 1-2	424,69	395,39	377,17	375,49	335,44	16,4 a 19,9
Ano 2-3	472,61	432,99	412,06	408,49	360,75	12,0 a 15,1
Anos 3-4 ... 17-18	523,26	489,56	463,30	471,98	401,34	9,6 a 12,2

Da mesma forma que ocorreu para a propriedade Faria, a variação dos custos com a irrigação para a propriedade Macaubas, entre os pacotes tecnológicos, foi pequena. A variação dos custos foi maior entre os manejos de irrigação e os anos de desenvolvimento do cafeeiro. Em relação ao custo total de produção, respectivo à cada manejo de irrigação, verificou-se que:

- o custo médio com o sistema de irrigação ficou entre 7,1% e 9,0% no ano de implantação; 16,3% e 19,9% no ano 1-2; 12,0% e 15,4% no ano 2-3; e 9,6% e 17,4% nos anos 3-4 e 17-18;
- a diferença entre o menor e o maior valor dos custos do sistema de irrigação, com os manejos 1 a 5, em média, ficaram em 73,54dólares/ha na implantação, 89,95dólares/ha no ano 1-2, 110,35dólares/ha no ano 2-3 e 113,40dólares/ha para a cultura adulta (ano  $X_n$ ).

#### a) Custo de produção desconsiderando o custo alternativo do capital de giro e fixo

A mesma análise realizada para a propriedade Faria, desconsiderando o custo alternativo do capital de giro e fixo do custo de produção, foi realizada, também, para a propriedade Macaubas. Os valores de VPL médio e TIR média encontrados para a nova condição são apresentados na Tabela 76.

Tabela 76. Valores de VPL médio e TIR média, obtidos para a Fazenda Macaubas (Araguari, MG) com os pacotes tecnológicos de 40, 60 e 80sc/ha e manejos de irrigação 1 a 6, desconsiderando o custo alternativo do capital de giro e fixo.

Critério aval. econômica	Manejo 1	Manejo 2	Manejo 3	Manejo 4	Manejo 5	Manejo 6
Pacote tecnológico de 40sc/ha						
VPL médio (dólar/ha)	4.543,44	3.527,57	3.236,77	3.228,09	1.997,91	- 2.135,61
TIR média (%)	13,60	12,20	11,70	11,70	9,80	0,40
Pacote tecnológico de 60sc/ha						
VPL médio (dólar/ha)	16.389,27	14.733,17	14.043,88	14.070,92	11.940,51	3.933,28
TIR média (%)	28,80	27,20	26,50	26,60	24,30	14,10
Pacote tecnológico de 80sc/ha						
VPL médio (dólar/ha)	28.199,99	25.833,19	24.885,03	24.902,77	21.934,51	10.076,15
TIR média (%)	41,10	39,40	38,60	38,70	36,00	24,30



Para o pacote tecnológico de 40sc/ha, conduzir a lavoura com o manejo que desconsidera a realização da irrigação (manejo 6), ainda seria inviável. A viabilidade do manejo 6 somente ocorreria com uma taxa de juros reais anual de 0,4%. Os resultados da Tabela 76, mostram que os demais manejos de irrigação, respectivos aos pacotes tecnológicos analisados, são economicamente viáveis com a desconsideração do custo alternativo do capital de giro e fixo.

#### b) Custo de produção considerando apenas os custos operacionais

A Tabela 77 apresenta os valores de VPL médio e TIR média obtidos para a Fazenda Macaubas, considerando apenas os custos operacionais da atividade com materiais, serviços e energia elétrica.

Tabela 77. Valor presente líquido médio (VPL) e taxa interna de retorno média (TIR), obtidos para a Fazenda Macaubas (Araguari, MG) com os pacotes tecnológicos de 40, 60 e 80sc/ha e manejos de irrigação 1 a 6, considerando os custos operacionais.

Critério aval. econômica	Manejo 1	Manejo 2	Manejo 3	Manejo 4	Manejo 5	Manejo 6
Pacote tecnológico de 40sc/ha						
VPL médio (dólar/ha)	9.951,20	8.875,46	8.504,38	8.498,66	7.131,98	1.458,29
TIR média (%)	23,4	22,0	21,5	21,5	19,6	9,6
Pacote tecnológico de 60sc/ha						
VPL médio (dólar/ha)	21.828,82	20.031,41	19.366,08	19.374,44	17.099,28	7.575,96
TIR média (%)	38,7	37,1	36,5	36,4	34,0	21,9
Pacote tecnológico de 80sc/ha						
VPL médio (dólar/ha)	33.619,98	31.165,67	30.253,04	30.333,93	27.155,77	13.610,43
TIR média (%)	51,9	49,9	49,2	49,4	46,6	32,3

Considerar apenas os custos operacionais (materiais, serviços e energia elétrica) no pacote tecnológico de 40sc/ha, torna “viável” a condução da lavoura cafeeira no manejo que desconsidera a utilização da irrigação (manejo 6) na propriedade Macaubas. O VPL médio seria de 1.458,29dólares/ha e a TIR de 9,6%. No entanto, o agricultor teria dificuldades para manter a atividade à médio e longo prazo, já que apenas parte dos recursos fixos estariam sendo pagos e mantidos.

### 4.2.5.3 Consideração de eventualidades na cafeicultura irrigada

O manejo de irrigação suplementar durante todo o ano (manejo 1), mostrou-se como a melhor alternativa econômica para se conduzir a lavoura cafeeira irrigada nas propriedades Faria e Macaubas. Sendo assim, baseando-se neste manejo, uma série de análises contendo eventualidades foram impostas à cafeicultura irrigada nas duas Fazendas, com a finalidade de se verificar as variações econômicas nos dois projetos de irrigação. O pacote tecnológico escolhido para fazer as análises foi o de 60sc/ha, por estar numa posição intermediária entre os resultados obtidos com os pacotes tecnológicos de 40 e 80sc/ha. Com exceção das eventualidades especificadas abaixo, os dados utilizados nas análises de simulação são os mesmos apresentados na Tabela 55 para as propriedades Faria e Macaubas. As eventualidades impostas foram:

- Eventualidade 1: atraso na primeira produção, ocorrendo apenas no ano 3-4, com 25% da produtividade máxima obtida com irrigação da cultura adulta;
- Eventualidade 2: atraso na primeira produção, ocorrendo apenas no ano 4-5, com 50% da produtividade máxima obtida com irrigação da cultura adulta;
- Eventualidade 3: ocorrendo a 50% dos 18 anos de vida da cultura (ano 8-9). A produtividade esperada é de 5% em relação à máxima ocorrida com irrigação da cultura adulta (5% de 84sc/ha);
- Eventualidade 4: serão dois anos de perda da produção; um ocorrendo a 50% da vida útil da cultura (ano 8-9), com produtividade esperada de 5% em relação à máxima ocorrida com irrigação da cultura adulta (5% de 84sc/ha) e, outra, ocorrendo a 70% da vida útil da cultura (ano 11-12), com perda total da produção;
- Eventualidade 5: diminuição da vida útil da cultura ou projeto, de 18 anos para 15 anos.

Geralmente, as eventualidades ocorridas na condução de uma lavoura, em um determinado ano, compreendem a necessidade de um custo maior com materiais e serviços. No entanto, para efeito de aplicação e demonstração dos cenários propostos, considerou-se as despesas devido à ocorrência de eventualidades iguais as que ocorrem normalmente durante o ciclo de vida útil do cafeeiro.

#### a) Análise de custo com as eventualidades 1 a 5 na Fazenda Faria

As Tabelas 78 a 81, apresentam os resultados obtidos com as análises de custo, considerando as eventualidades 1 a 5. Dadas as colocações dispostas no parágrafo anterior, o valor médio do custo de produção apresentado na Tabela 78, para as eventualidades 1 a 5 na propriedade Faria, ficam iguais. As diferenças que aparecem nos valores devem-se ao processo de simulação.

Tabela 78. Valor médio do custo de produção da propriedade Faria (Lavras, MG), com o pacote tecnológico de 60sc/ha e manejo 1 de irrigação, de acordo com as eventualidades 1 a 5.

Custo de produção	Sem eventualidade	Eventualidades					Participação no custo total (%)
		1	2	3	4	5	
<b>Custo médio de implantação do cafeeiro (dólar/ha)</b>							
Custo variável total	3.647,18	3.659,67	3.663,18	3.659,24	3.663,46	3.653,73	<b>86,4</b>
Custo fixo total	575,56	575,56	575,56	575,56	575,56	575,56	<b>13,6</b>
<b>Custo total</b>	<b>4.222,75</b>	<b>4.235,24</b>	<b>4.238,74</b>	<b>4.234,81</b>	<b>4.239,03</b>	<b>4.229,30</b>	—
<b>Custo médio do cafeeiro no ano 1–2 (dólar/ha)</b>							
Custo variável total	1.717,78	1.716,64	1.719,89	1.717,53	1.720,66	1.715,34	<b>74,9</b>
Custo fixo total	575,56	575,56	575,56	575,56	575,56	575,56	<b>25,1</b>
<b>Custo total</b>	<b>2.293,34</b>	<b>2.292,21</b>	<b>2.295,46</b>	<b>2.293,10</b>	<b>2.296,22</b>	<b>2.290,90</b>	—
<b>Custo médio do cafeeiro no ano 2–3 (dólar/ha)</b>							
Custo variável total	2.754,05	2.751,51	2.744,28	2.750,53	2.745,73	2.754,01	<b>82,7</b>
Custo fixo total	575,56	575,56	575,56	575,56	575,56	575,56	<b>17,3</b>
<b>Custo total</b>	<b>3.329,61</b>	<b>3.327,07</b>	<b>3.319,85</b>	<b>3.326,09</b>	<b>3.321,29</b>	<b>3.329,58</b>	—
<b>Custo médio do cafeeiro no ano 3–4 (dólar/ha)</b>							
Custo variável total	3.316,29	3.313,98	3.306,35	3.303,97	3.312,58	3.310,40	<b>85,2</b>
Custo fixo total	575,56	575,56	575,56	575,56	575,56	575,56	<b>14,8</b>
<b>Custo total</b>	<b>3.891,86</b>	<b>3.889,55</b>	<b>3.881,92</b>	<b>3.879,54</b>	<b>3.888,14</b>	<b>3.885,96</b>	—
$\Delta\%$ do custo total (%)*	0,28	0,29	0,37	0,32	0,47	0,38	—
Valor Presente Líquido	<b>10.115,7</b>	<b>3.541,7</b>	<b>521,1</b>	<b>9.123,2</b>	<b>3.542,2</b>	<b>7.126,7</b>	—

\* Variação percentual entre o menor e o maior valor do custo total, entre os anos  $X_{3-4}$  e  $X_{(i-1)-i}$

Tabela 79. Produtividade média (Prod.) e preço médio da saca de café beneficiado da propriedade Faria (Lavras, MG), nos anos de vida do cafeeiro, com o pacote tecnológico de 60sc/ha, manejo 1 de irrigação e eventualidades 1 a 5.

Ano	Sem		Eventualidades									
	Eventualidade		1		2		3		4		5	
	Prod. sc/ha	Valor US\$/sc	Prod. sc/ha	Valor US\$/sc	Prod. sc/ha	Valor US\$/sc	Prod. sc/ha	Valor US\$/sc	Prod. sc/ha	Valor US\$/sc	Prod. sc/ha	Valor US\$/sc
0-1*	0,0	146,7	0,0	94,7	0,0	118,7	0,0	146,4	0,0	146,5	0,0	146,4
1-2	0,0	107,6	0,0	146,7	0,0	94,7	0,0	107,5	0,0	107,5	0,0	107,6
2-3	21,0	101,6	0,0	107,6	0,0	146,4	21,0	101,5	21,0	101,5	21,0	101,5
3-4	85,7	102,0	21,0	101,6	0,0	107,6	85,7	101,9	85,7	102,1	85,7	101,7
4-5	24,3	86,4	85,7	102,0	42,0	101,6	24,2	86,5	24,2	86,5	24,2	86,5
5-6	82,6	75,1	24,3	86,5	65,8	102,1	82,6	75,3	82,7	75,2	82,7	75,2
6-7	27,2	91,4	82,7	75,1	43,2	86,5	27,2	91,5	27,1	91,4	27,2	91,4
7-8	79,9	161,3	27,2	91,4	64,6	75,2	79,9	161,4	79,9	161,7	79,9	161,5
8-9	29,8	118,7	79,9	161,3	44,3	91,4	4,2	118,7	4,2	118,7	29,8	118,8
9-10	77,4	94,8	29,8	118,7	63,6	161,2	101,7	94,8	101,7	94,7	77,4	94,8
10-11	32,2	146,3	77,4	94,7	45,3	118,7	9,1	146,2	9,1	146,4	32,2	146,6
11-12	75,1	107,4	32,1	146,7	62,7	94,7	97,1	107,4	0,0	107,6	75,1	107,7
12-13	34,4	101,6	75,2	107,6	46,2	146,4	13,5	101,5	105,7	101,5	34,3	101,5
13-14	73,1	101,9	34,2	101,5	61,8	107,5	92,9	102,0	5,3	101,8	73,1	101,9
14-15	36,3	86,4	73,2	102,1	47,0	101,6	17,4	86,5	100,6	86,4	36,2	86,4
15-16	71,2	75,1	36,2	86,5	61,1	101,9	89,1	75,4	10,1	75,2	0,0	0,0
16-17	38,0	91,4	71,3	75,0	47,7	86,5	21,0	91,4	96,1	91,5	0,0	0,0
17-18	69,6	161,4	37,9	91,4	60,4	75,3	85,7	161,5	14,4	161,5	0,0	0,0
<b>Média</b>	<b>53,6</b>	<b>108,7</b>	<b>49,3</b>	<b>105,1</b>	<b>47,2</b>	<b>106,6</b>	<b>53,3</b>	<b>108,7</b>	<b>48,0</b>	<b>108,8</b>	<b>42,4</b>	<b>90,5</b>

\* Ano de implantação da cultura do cafeeiro

Tabela 80. Parâmetros estatísticos dos valores presentes líquidos (VPL) do projeto de irrigação do cafeeiro na Fazenda Faria (Lavras, MG), considerando o pacote tecnológicos 60sc/ha, manejo 1 de irrigação e eventualidades 1 a 5.

Critério de Avaliação Econômica	Menor valor	Maior valor	Valor modal	Média	Desvio padrão	Valor 80% probabilidade
	(dólar/ha)	(dólar/ha)	(dólar/ha)	(dólar/ha)	(dólar/ha)	(dólar/ha)
VPL Sem Eventualidade	8.082,9	12.008,8	9.942,5	10.115,8	608,7	10.628,2
VPL Eventualidade 1	1.974,9	5.376,9	3.586,4	3.541,7	557,0	4.010,6
VPL Eventualidade 2	- 1.348,9	2.200,8	519,3	521,1	527,5	965,1
VPL Eventualidade 3	7.214,7	11.161,1	8.876,3	9.123,2	595,7	9.624,7
VPL Eventualidade 4	1.546,0	5.559,5	3.447,1	3.542,2	606,6	4.052,9
VPL Eventualidade 5	5.316,3	9.146,1	7.130,5	7.126,7	621,6	7.650,0

Tabela 81. Parâmetros estatísticos das taxas internas de retorno (TIR), do projeto de irrigação do cafeeiro na Fazenda Faria (Lavras, MG), considerando o pacote tecnológico de 60sc/ha, manejo 1 de irrigação e eventualidades 1 a 5.

Critério de Avaliação Econômica	Menor valor (%)	Maior valor (%)	Valor modal (%)	Média (%)	Desvio padrão (%)	Valor 80% probabilidade (%)
TIR Sem Eventualidade	16,8	22,9	19,7	19,7	1,0	20,5
TIR Eventualidade 1	8,4	12,7	10,7	10,4	0,7	11,0
TIR Eventualidade 2	4,6	8,3	6,6	6,5	0,5	7,0
TIR Eventualidade 3	15,0	21,6	17,8	18,2	1,0	19,0
TIR Eventualidade 4	9,3	17,6	13,7	13,4	1,3	14,5
TIR Eventualidade 5	15,1	21,8	18,3	18,3	1,1	19,3

#### b) Análise de custo com as eventualidades 1 a 5 na Fazenda Macaubas

As Tabelas 82 a 85 apresentam os resultados obtidos com as análises de custo considerando as eventualidades 1 a 5. As colocações feitas para a propriedade Faria, no que se refere à Tabela 78 servem da mesma forma para a Tabela 82.

Tabela 82. Valor médio do custo de produção da propriedade Macaubas (Araguari, MG), com o pacote tecnológico de 60sc/ha e manejo 1 de irrigação, de acordo com as eventualidades 1 a 5.

Custo de produção	Sem eventualidade	Eventualidades					Participação no custo total (%)
		1	2	3	4	5	
<b>Custo médio de implantação do cafeeiro (dólar/ha)</b>							
Custo variável total	3.551,14	3.554,95	3.557,73	3.558,23	3.549,78	3.541,61	<b>85,9</b>
Custo fixo total	581,06	581,06	581,06	581,06	581,06	581,06	<b>14,1</b>
<b>Custo total</b>	<b>4.132,20</b>	<b>4.136,01</b>	<b>4.138,79</b>	<b>4.139,29</b>	<b>4.130,85</b>	<b>4.122,68</b>	—
<b>Custo médio do cafeeiro no ano 1–2 (dólar/ha)</b>							
Custo variável total	1.556,85	1.555,18	1.555,14	1.555,35	1.552,38	1.551,53	<b>72,8</b>
Custo fixo total	581,06	581,06	581,06	581,06	581,06	581,06	<b>27,2</b>
<b>Custo total</b>	<b>2.137,92</b>	<b>2.136,24</b>	<b>2.136,21</b>	<b>2.136,42</b>	<b>2.133,44</b>	<b>2.132,59</b>	—
<b>Custo médio do cafeeiro no ano 2–3 (dólar/ha)</b>							
Custo variável total	2.546,90	2.550,26	2.549,05	2.541,59	2.546,06	2.548,75	<b>81,4</b>
Custo fixo total	581,06	581,06	581,06	581,06	581,06	581,06	<b>18,6</b>
<b>Custo total</b>	<b>3.127,96</b>	<b>3.131,33</b>	<b>3.130,11</b>	<b>3.122,65</b>	<b>3.127,13</b>	<b>3.129,82</b>	—
<b>Custo médio do cafeeiro no ano 3–4 (dólar/ha)</b>							
Custo variável total	3.039,71	3.041,68	3.050,33	3.051,76	3.052,63	3.043,72	<b>83,9</b>
Custo fixo total	581,06	581,06	581,06	581,06	581,06	581,06	<b>16,1</b>
<b>Custo total</b>	<b>3.620,77</b>	<b>3.622,75</b>	<b>3.631,39</b>	<b>3.632,83</b>	<b>3.633,70</b>	<b>3.624,78</b>	—
$\Delta\%$ do custo total (%)*	0,41	0,33	0,30	0,35	0,31	0,37	—
<b>Valor Presente Líquido</b>	<b>12.745,5</b>	<b>6.120,7</b>	<b>3.040,1</b>	<b>11.636,0</b>	<b>6.069,7</b>	<b>9.397,1</b>	—

\* Variação percentual entre o menor e o maior valor do custo total, entre os anos  $X_{3-4}$  e  $X_{17-18}$

Tabela 83. Produtividade média (Prod.) e preço médio da saca de café beneficiado da propriedade Macaubas (Araguari, MG), nos anos de vida do cafeeiro, com o pacote tecnológico de 60sc/ha, manejo 1 de irrigação e eventualidades 1 a 5.

Ano	Sem		Eventualidade									
	Eventualidade		1		2		3		4		5	
	Prod. sc/ha	Valor US\$/sc	Prod. sc/ha	Valor US\$/sc	Prod. sc/ha	Valor US\$/sc	Prod. sc/ha	Valor US\$/sc	Prod. sc/ha	Valor US\$/sc	Prod. sc/ha	Valor US\$/sc
<b>0-1*</b>	0,0	146,9	0,0	94,7	0,0	118,7	0,0	146,4	0,0	146,7	0,0	146,8
<b>1-2</b>	0,0	107,7	0,0	146,6	0,0	94,8	0,0	107,6	0,0	107,6	0,0	107,6
<b>2-3</b>	21,0	101,6	0,0	107,5	0,0	146,7	21,0	101,6	21,0	101,5	21,0	101,5
<b>3-4</b>	85,9	101,8	21,0	101,6	0,0	107,6	85,9	102,0	85,9	101,8	85,9	101,8
<b>4-5</b>	24,3	86,5	85,9	102,0	42,0	101,4	24,2	86,4	24,2	86,4	24,3	86,3
<b>5-6</b>	82,8	75,3	24,2	86,5	66,0	101,9	82,8	75,1	82,8	75,0	82,8	75,1
<b>6-7</b>	27,2	91,5	82,8	75,2	43,2	86,4	27,2	91,5	27,2	91,4	27,2	91,4
<b>7-8</b>	80,0	161,7	27,2	91,5	64,8	75,2	80,0	161,2	80,0	161,3	80,0	161,3
<b>8-9</b>	29,8	118,7	80,0	161,4	44,3	91,4	4,2	118,7	4,2	118,8	29,9	118,8
<b>9-10</b>	77,5	94,8	29,8	118,7	63,8	161,4	101,8	94,7	101,8	94,8	77,5	94,9
<b>10-11</b>	32,2	146,7	77,5	94,8	45,3	118,8	9,1	146,5	9,1	146,6	32,2	146,7
<b>11-12</b>	75,3	107,8	32,2	146,5	62,9	94,7	97,2	107,6	0,0	107,6	75,2	107,5
<b>12-13</b>	34,4	101,6	75,3	107,5	46,1	146,6	13,5	101,6	105,9	101,6	34,4	101,5
<b>13-14</b>	73,2	101,8	34,4	101,6	62,0	107,6	93,0	102,1	5,3	101,9	73,2	101,9
<b>14-15</b>	36,3	86,4	73,2	102,1	46,9	101,5	17,5	86,4	100,8	86,4	36,3	86,4
<b>15-16</b>	71,4	75,4	36,3	86,4	61,3	102,1	89,3	75,2	10,0	75,1	0,0	0,0
<b>16-17</b>	38,0	91,5	71,3	75,2	47,7	86,4	21,1	91,4	96,3	91,5	0,0	0,0
<b>17-18</b>	69,7	161,3	38,1	91,5	60,6	75,0	85,8	161,3	14,4	161,4	0,0	0,0
<b>Média</b>	53,7	108,8	49,3	105,1	47,3	106,6	53,3	108,7	48,1	108,7	42,5	90,5

\* Ano de implantação da cultura do cafeeiro

Tabela 84. Parâmetros estatísticos dos valores presentes líquidos (VPL) do projeto de irrigação do cafeeiro na Fazenda Macaubas (Araguari, MG), considerando o pacote tecnológicos 60sc/ha, manejo 1 de irrigação e eventualidades 1 a 5.

Critério de Avaliação Econômica	Menor valor (dólar/ha)	Maior valor (dólar/ha)	Valor modal (dólar/ha)	Média (dólar/ha)	Desvio padrão (dólar/ha)	Valor 80% probabilidade (dólar/ha)
VPL Sem Eventualidade	10.883,0	14.659,8	12.870,8	12.745,5	580,1	13.233,8
VPL Eventualidade 1	4.323,3	7.923,0	6.028,5	6.120,7	568,9	6.599,5
VPL Eventualidade 2	1.414,3	4.712,3	3.150,1	3.040,1	481,7	3.445,6
VPL Eventualidade 3	9.623,4	13.483,6	11.655,1	11.636,1	607,2	12.147,2
VPL Eventualidade 4	4.261,9	7.727,8	6.086,1	6.069,7	569,8	6.549,4
VPL Eventualidade 5	7.277,0	11.047,6	9.460,0	9.397,1	578,2	9.883,9

Tabela 85. Parâmetros estatísticos das taxas internas de retorno (TIR), do projeto de irrigação do cafeeiro na Fazenda Macaubas (Araguari, MG), considerando o pacote tecnológico de 60sc/ha, manejo 1 de irrigação e eventualidades 1 a 5.

Critério de Avaliação Econômica	Menor valor (%)	Maior valor (%)	Valor modal (%)	Média (%)	Desvio padrão (%)	Valor 80% probabilidade (%)
TIR Sem Eventualidade	19,5	26,5	22,8	23,1	1,1	23,9
TIR Eventualidade 1	11,3	15,9	13,2	13,4	0,7	14,0
TIR Eventualidade 2	7,4	10,9	9,2	9,1	0,5	9,5
TIR Eventualidade 3	18,4	25,0	21,5	21,5	1,0	22,4
TIR Eventualidade 4	13,6	22,2	18,1	17,9	1,2	18,9
TIR Eventualidade 5	18,0	25,2	22,1	22,0	1,1	23,0

### c) Resultados encontrados com as eventualidades 1 a 5 nas duas propriedades

Os resultados encontrados com a ocorrência das eventualidades 1 a 5 nas propriedades Faria e Macaubas foram iguais. De forma geral, as eventualidades impostas não comprometeram a viabilidade do projeto de irrigação das duas propriedades, apenas reduziram a sua lucratividade. A fazenda Faria, por possuir menor área, sempre mostrou-se com resultados econômicos, por unidade de área, inferiores aos apresentados pela Fazenda Macaubas.

Dentre as eventualidades analisadas, a eventualidade 2 mostrou-se como a mais prejudicial, apresentando um VPL médio de 519,3dólares/ha para Fazenda Faria e de 3.040,10dólares/ha para a Fazenda Macaubas, quando a situação normal, sem eventualidade, proporcionou um valor médio de VPL de 10.115,8dólares/ha para a Fazenda Faria e 12.745,5dólares/ha para a Fazenda Macaubas. Logo, cuidados devem ser tomados na condução da cultura, para evitar que atrasos na primeira produção da lavoura cafeeira possam ocorrer.

O atraso de apenas um ano na primeira produção (eventualidade 1) mostrou-se tão prejudicial quanto a ocorrência de duas perdas de produção da cultura (eventualidade 4). É importante observar que uma das perdas ocorreu em um biênio menos produtivo (biênio 8-9), e a outra no biênio mais produtivo (biênio 11-12).

Em relação ao VPL médio obtido para a condição sem eventualidade, a diminuição de três anos da vida útil da cultura (eventualidade 5) comprometeu a lucratividade do projeto em 2.989,1dólaras/ha para a Fazenda Faria, e 3.348,40dólares/ha para a Fazenda Macaubas. A diminuição na lucratividade apresentada com a ocorrência da eventualidade 5, mostrou-se, ainda, menos prejudicial que a ocorrência das eventualidades 1, 2 e 4.

#### **4.2.5.4 Considerações gerais sobre os resultados obtidos com o módulo “Custo de produção com análise de risco”**

Os custos com energia elétrica e água para irrigação, desconsiderando mão-de-obra, depreciação e manutenção, quando comparados com os custos com materiais e serviços, são pequenos. Nas análises realizadas, os custos com os dois recursos sempre estiveram entre 1,5% e 3,8% do custo total de produção apresentado pela propriedade Faria, e entre 2,1% e 5,0% para a propriedade Macaubas.

Os serviços e os materiais foram os itens mais significativos no custo de produção da cafeicultura irrigada. Para as análises realizadas, em relação ao custo total, os valores ficaram entre 40,7% e 60,4% para os serviços, e entre 15,3% e 34,3% para os materiais. O intervalo de valores encontrado para os custos com serviços, mostra que a mão-de-obra tem um peso significativo nas decisões futuras de condução da atividade cafeeira. A tendência natural deverá ser a utilização de uma cafeicultura adensada, com um número de plantas que permita a realização da maioria das operação com máquinas agrícolas, e que empregue uma alta tecnologia produtiva. O sistema de irrigação utilizado, será aquele que proporcionar, além do baixa custo, as melhores alternativas de demanda de mão-de-obra para a sua operação e manutenção. Ao mesmo tempo, os sistemas de irrigação deverão possibilitar economia de operadores, máquinas e implementos agrícolas necessários à realização de uma série de tratos culturais no cafeeiro.



As análises realizadas tanto para a Fazenda Faria como para a Macaubas, indicam que produzir café é uma atividade que exige investimento e tecnologia. Propriedades pouco mecanizadas e que não utilizem seus recursos adequadamente, de forma a obter os melhores resultados, estarão sujeitas a prejuízos, podendo retrair e sair da atividade a médio e longo prazo.

Os resultados econômicos encontrados para a cafeicultura irrigada nas propriedades Faria e Macaubas, considerando-se os pacotes tecnológicos de 40, 60 e 80sc/ha, e os manejos de irrigação 1 a 5, foram na maioria das vezes promissores. No entanto, é importante enfatizar que os resultados obtidos partiram de uma função de produção do cafeeiro possuindo uma série de limitações. A função utilizada foi adaptada para a cafeicultura irrigada, e o ajuste da mesma foi realizado a partir de um pequeno número de informações publicadas sobre o assunto. O ideal, se houvessem estas informações, seria uma função desenvolvida baseando-se nos dados climáticos e nas produtividades observadas nas duas propriedades. O item em questão, talvez seja o ponto mais vulnerável do modelo desenvolvido e, com certeza, um dos maiores problemas que os pesquisadores que trabalham com a cafeicultura irrigada enfrentam em seus trabalhos. O cafeeiro é cultivado sob condições que diferem bastante entre propriedades e regiões, o que dificulta o equacionamento matemático e a generalização dos resultados obtidos nos experimentos.

O manejo da irrigação suplementar durante todo ano (manejo 1), entre as análises considerando os três pacotes tecnológicos e manejos de irrigação 1 a 6, mostrou-se como o mais promissor. No entanto é preciso ter cuidado na interpretação dos resultados que foram alcançados com o manejo 1, para uma eventual aplicação prática. A função de produção utilizada nas análises considera apenas a produtividade do ano anterior e a evapotranspiração relativa para estimar a produtividade de cada  $i$ -ésimo ano de vida da cultura, e desconsidera uma série de outros aspectos relacionados aos tratos culturais do cafeeiro, o que pode apresentar resultados negativos devido a ocorrência de irrigações suplementares durante todo o ano. É preciso ter cuidado também, na interpretação dos resultados obtidos com o manejo que desconsidera o uso

da irrigação (manejo 6), pois, estão embutidos o risco de ocorrer uma precipitação provável de 75% de probabilidade ao longo de toda a vida útil da cultura do cafeeiro, o que limita demasiadamente a produtividade estimada para a mesma, já que a função de produção considera um valor de  $K_y$  relativo ao ciclo anual total do cafeeiro, e não aos estádios fenológicos de seu desenvolvivimento.

O módulo “Custo de produção com análise de risco”, mostrou-se rápido e versátil para realizar as análises econômicas para a cafeicultura irrigada. A constituição de cenários impondo eventualidades nos anos de vida útil da cultura, e, ou projeto, podem ser realizados facilmente. Por outro lado, o módulo foi desenvolvido possuindo muitos detalhes, exigindo para a sua correta utilização, um bom conhecimento sobre as alternativas disponíveis nas caixas de opção (combinação), e campos destinados à entrada dos dados que são solicitados. A escolha equivocada de uma única opção, pode alterar toda uma análise de simulação, proporcionando resultados totalmente diferentes do que ocorreria na realidade.

Embora o trabalho realizado tenha objetivado fazer uma análise da cafeicultura irrigada, a estrutura modular proposta no modelo, e principalmente no módulo que está sendo tratado, mostrou-se eficiente. A simples introdução de funções de produção e séries de preços de outras culturas perenes, permitirá no futuro a realização de análises semelhantes as que foram realizadas para a cultura do cafeeiro nos itens anteriores.

Na finalização das discussões sobre o trabalho que foi desenvolvido, cabe salientar apenas, que os resultados de saída das análises de simulação, obtidos com a finalidade de fazer a aplicação do modelo, não são apresentados na forma de anexo ou apêndice. O número de análises de simulações que foram realizadas ao longo do trabalho, aliado à quantidade de informações geradas em cada análise, inviabilizam a apresentação de todos os dados de forma impressa. Assim, a obtenção dos resultados das análises que foram realizadas (resultados de saída), poderão ser conseguidos com a utilização do próprio modelo, que se encontra disponível na contra capa desse trabalho, e contém, no banco de dados, as informações que foram utilizadas nas análises de

simulação das propriedades Faria e Macaubas. Fazendo-se devidamente a montagem dos cenários, todas as análises de simulação poderão ser repetidas. A partir de 1.500 simulações, os desvios apresentados pelos resultados das novas análises, em relação aos resultados que estão apresentados ao longo do texto, serão iguais ou inferiores a 2% para as simulações realizadas com a distribuição triangular, e 5% para as simulações com a distribuição normal.