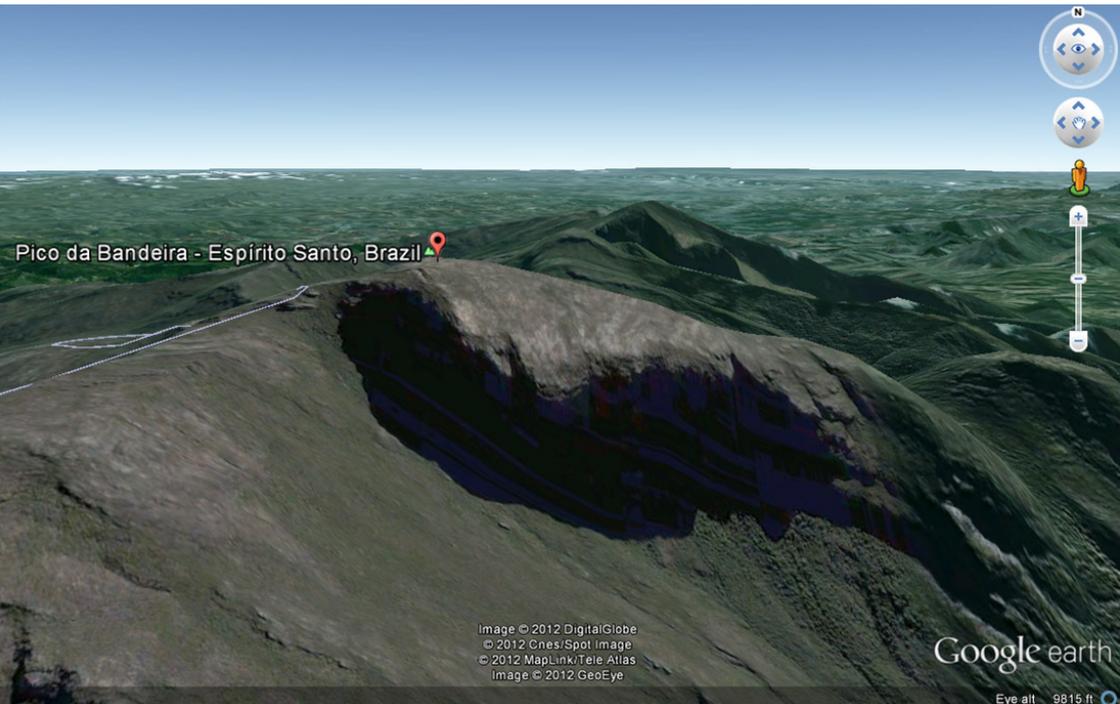


## As Características Térmicas das Faces Noruega e Soalheira como Fatores Determinantes do Clima Para a Cafeicultura de Montanha





*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Café  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastacimento*

## ***Documentos 10***

# **As Características Térmicas das Faces Noruega e Soalheira como Fatores Determinantes do Clima Para a Cafeicultura de Montanha**

Embrapa Café  
Brasília, DF  
2012

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

**Embrapa Café**

Parque Estação Biológica - PqEB,  
Av. W3 Norte (final), Ed. Sede  
70770-901, Brasília - DF  
Fone: (61) 3448-4010

**Comitê de Publicações da Embrapa Café**

Presidente: Lucas Tadeu Ferreira  
Vice-Presidente: Jamilsen de Freitas Santos  
Secretária-Executiva: Adriana Maria Silva Macedo  
Membros: Anísio José Diniz  
Antonio Fernando Guerra  
Carlos Henrique Siqueira de Carvalho  
Cristina Arzabe  
Murício Sérgio Zacarias  
Sergio Mauro Folle

Supervisão editorial: Adriana Maria Silva Macedo  
Revisora de texto: Flávia Raquel Bessa  
Normalização bibliográfica: Alessandra Rodrigues da Silva  
Tratamento de ilustrações: Thiago Farah Cavaton  
Editoração eletrônica: Thiago Farah Cavaton  
Foto da capa: Captura do Google Earth, 2012.

**1ª edição**

Versão eletrônica (2012)

**Todos os direitos reservados.**

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte constitui violação dos direitos autorais (Lei nº9.610).

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
Embrapa Café

---

As características térmicas das faces noruega e soalheira como fatores determinantes do clima para a cafeicultura de montanha / Williams P. M. Ferreira, Marcelo de Freitas Ribeiro, Elpídio Inácio Fernandes Filho, Cecília de Fátima Souza, Caio César Rocha de Castro. – Brasília, DF: Embrapa, 2012.

34 p.: il. – (Documentos / Embrapa Café; 10).  
ISSN 1678-1694

1. Cafeicultura de montanha – Clima - Brasil. I. Ferreira, Williams P. M. II. Ribeiro, Marcelo de Freitas. III. Fernandes Filho, Elpídio Inácio. IV. Souza, Cecília de Fátima. V. Castro, Caio César Rocha de. VI. Documentos / Embrapa Café.

---

CDD 633.73 (21. ed.)

© Embrapa 2012

# **Autores**

**Williams P. M. Ferreira**

Meteorologista, D.S., Pesquisador  
Embrapa Café – williams.ferreira@embrapa.br

**Marcelo de Freitas Ribeiro**

Agrônomo, MSc, Pesquisador  
EPAMIG – mribeiro@epamig.br

**Elpídio Inácio Fernandes Filho**

Agrônomo, D.S., Professor  
Universidade Federal de Viçosa – elpidio@ufv.br

**Cecília de Fátima Souza**

Engenheira Agrícola, PhD., Professora  
Universidade Federal de Viçosa – cfsouza@ufv.br

**Caio César Rocha de Castro**

Engenheiro Agrônomo, B.S.  
Universidade Federal de Viçosa  
caiocesarcaastro@gmail.com



# Apresentação

Maior produtor mundial de café, o Brasil, devido à sua grande extensão territorial apresenta o uso de diferentes termos na cafeicultura, os quais, muitas vezes, têm seu emprego de modo inadequado. Esse é o caso do uso dos termos “Face Soalheira” e “Face Noruega”, que definem as faces quentes e ensolaradas a as faces frias e sombreadas na cafeicultura de montanha.

Com mercado em franca expansão, os interesses da cafeicultura estão cada dia mais voltados para a produção de cafés de qualidade. Nesse sentido, o conhecimento das características térmicas das Faces Noruega e Soalheira como fatores determinantes do clima para a Cafeicultura de Montanha pode contribuir para a maior produção de cafés de qualidade nessas regiões.

No presente documento são apresentadas informações e conceitos acerca das características térmicas do clima associado ao uso dos termos encosta, vertente ou face de exposição “Noruega”, também chamado de “Contra Face”, ou “Soalheira”.

Mantendo um estilo didático com escrita de fácil compreensão a publicação que reúne conhecimentos da agrometeorologia é destinada a orientação de produtores, estudantes, técnicos e demais profissionais que se dedicam a incrementar a cafeicultura no Brasil.

*Gabriel Ferreira Bartholo*  
Chefe Geral



# Sumário

<b>Introdução.....</b>	<b>9</b>
<b>Origem do nome.....</b>	<b>10</b>
<b>Encostas soalheiras e noruegas na cafeicultura de montanha brasileira.....</b>	<b>11</b>
<b>Sazonalidade.....</b>	<b>11</b>
<b>A sazonalidade e as encostas.....</b>	<b>13</b>
<b>Marcha diária aparente do sol.....</b>	<b>14</b>
<b>Marcha diária aparente do sol e as encostas.....</b>	<b>16</b>
<b>Temperatura ao nível do abrigo meteorológico.....</b>	<b>18</b>
<b>Orientação da face de exposição da encosta.....</b>	<b>19</b>
<b>Número de horas de incidência de radiação solar direta.....</b>	<b>28</b>
<b>Conclusões.....</b>	<b>32</b>
<b>Referências.....</b>	<b>33</b>



# As Características Térmicas das Faces Noruega e Soalheira como Fatores Determinantes do Clima para a Cafeicultura de Montanha

---

*Williams P.M. Ferreira*

*Marcelo de Freitas Ribeiro*

*Elpídio Inácio Fernandes Filho*

*Cecília de Fátima Souza*

*Caio César Rocha de Castro*

## Introdução

Ao longo da história de uma língua, é comum que novos termos sejam incorporados com celeridade ao vocabulário popular devido ao seu uso no dia-a-dia. Embora a ideia acerca do que um termo novo significa seja conhecida, por vezes é difícil encontrar a definição clara que expresse o sentido daquele termo.

No Brasil o uso de termos populares marca a diversidade cultural das diferentes regiões brasileiras. No campo, com suas práticas agrícolas, não é diferente. Alguns termos populares mudam de acordo com as regiões.

Na cafeicultura, o uso de termos específicos é tão comum e extenso que Chalfoun (2008) lançou o 'Glossário de termos utilizados na cafeicultura', atividade que em Minas Gerais, segundo Vilela e Rufino (2010), responde por 50% da produção nacional, sendo nas regiões Sul e Zona da Mata desse Estado a cafeicultura denominada como de Região de Montanha, em decorrência das características específicas predominantes do relevo destas regiões.

Todavia, apesar da existência de obras literárias específicas para o uso de termos técnicos na cafeicultura, ainda é comum encontrar-se o emprego inadequado ou definições confusas de alguns termos em publicações científicas atuais.

Deste modo, com o presente comunicado técnico, objetiva-se identificar as características térmicas do clima associada ao uso dos termos encosta, vertente ou face de exposição “Noruega”, também chamado de “Contra Face”, ou “Soalheira” na Cafeicultura de Região de Montanha Brasileira.

## Origem do Nome

O termo “soalheira”, comumente adotado em Portugal, serve para designar a face das encostas voltadas para a região equatorial, ou seja, as faces soalheiras são voltadas para o sul geográfico daquele país. O lado oposto, ou voltado para a região polar, ou seja, as faces voltadas para o norte geográfico daquele país são denominadas de faces úmbrias, ou seja, sombrias.

O termo “Noruega”, adotado para fazer referência ao lado úmido e sombrio das encostas, associa-se ao fato de a Noruega estar na região mais setentrional da Europa e ser um país considerado sombrio, por ser um dos mais próximos ao polo norte.

## **Encostas Soalheiras e Noruegas na cafeicultura de montanha brasileira**

Apesar da origem do nome estar associada às características topográficas de países do hemisfério Norte, nas regiões montanhosas em Minas Gerais, maior Estado produtor de café do país, e algumas vezes em São Paulo, é comum o emprego dos termos “Face Soalheira” ou “Soalheiro” e “Face Noruega” ou “Contra Face” para fazer referência à topografia das montanhas, principalmente em relação às características climáticas e a orientação das encostas onde é praticada a cafeicultura de montanha.

Logo, no hemisfério Sul, a parte das montanhas com exposição voltadas para Sul é chamada “Vertente”, “Encosta” ou “Face Noruega”; e aquela parte voltada para o Norte é denominada “Vertente”, “Encosta” ou “Face Soalheira”.

Dentre todos os elementos climáticos que caracterizam o microclima das encostas Noruegas e Soalheiras, a temperatura destaca-se como o de característica mais marcante, sendo esta diretamente influenciada pela orientação da face de exposição da encosta, sazonalidade e movimento de rotação da Terra, representado pela marcha diária aparente do Sol.

### **Sazonalidade**

O movimento de translação da Terra em torno do Sol durante o ano e a inclinação de  $23^{\circ} 27'$  no seu eixo imaginário de rotação em relação ao plano da órbita terrestre são os responsáveis pela variação da intensidade com que os raios solares atingem a superfície terrestre.

Essa variação é caracterizada pelo movimento anual aparente do Sol, ou seja, o deslocamento da posição do nascer e pôr do sol, tal como observado a partir da superfície terrestre, desde o hemisfério Norte até o hemisfério Sul entre os trópicos de Câncer e de Capricórnio, respectivamente.

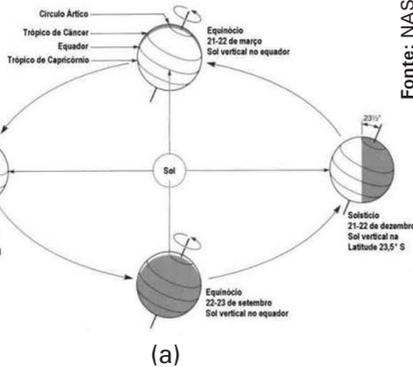
As estações do ano são então definidas pelos equinócios e solstícios, os quais são eventos astronômicos que ocorrem ao longo da trajetória que a Terra descreve em torno do Sol.

Para o hemisfério Sul, o início da estação do inverno é marcado pelo solstício de inverno, o qual ocorre em torno de 21 de junho, momento em que ocorre a noite mais longa e o dia mais curto do ano. O começo da estação do verão é marcado pelo solstício de verão, que ocorre por volta do dia 21 de dezembro, quando ocorre o dia mais longo e a noite mais curta do ano.

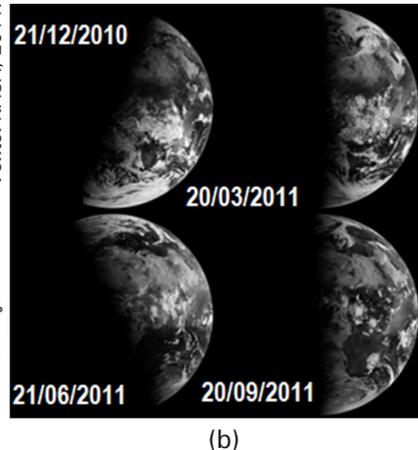
Após o solstício de verão, normalmente por volta do dia 20 de março, ocorre o equinócio de outono do hemisfério Sul; já o equinócio de primavera ocorre após o solstício de inverno, por volta do dia 20 de setembro. Esses eventos são marcados pelas datas em que o dia e a noite tem o mesmo número de horas.

Ao projetar no espaço as linhas da superfície terrestre que demarcam o equador e os trópicos de Câncer e de Capricórnio, obtém-se as linhas imaginárias do equador e dos trópicos celestiais. Os solstícios ocorrem no ponto em que a trajetória do Sol cruza as linhas imaginárias dos trópicos celestiais. Já os equinócios ocorrem no ponto em que a trajetória do sol cruza a linha imaginária do equador celestial (Figura 1).

Fonte: GRIMM, 1999.



Fonte: NASA, 2011.



**Figura 1** – (a) Desenho esquemático com o Sol, representado ao centro da figura e os respectivos posicionamentos da Terra ao longo do ano nas datas de solstício e equinócio. (b) Imagem obtida pela NASA (2011) nas respectivas datas do solstício e equinócio na qual pode ser observada a parte da Terra iluminada pelo Sol.

## A sazonalidade e as encostas

No hemisfério Sul, as encostas das montanhas voltadas para o Sul recebem, ao longo do ano, menor incidência de radiação solar direta, sendo, em grande parte do ano, sombreadas e aquecidas por radiação difusa e advecção de ar quente.

Durante o inverno, há maior ocorrência de formação de nuvens orográficas nas encostas voltadas para o sul, o que torna a umidade relativa dessa encosta elevada, favorecendo o maior prolongamento do período de molhamento foliar no cafeeiro, fator de grande importância no estabelecimento de doenças fúngicas e bacterianas (ARNESON, 2000).

Essa encosta também recebe os ventos frios provenientes do Sudeste, Sul e Sudoeste o que proporciona maior ocorrência de temperaturas baixas nessa encosta podendo comprometer a produção, já que o

cafeeiro é sensível a baixas temperaturas tanto a nível biofísico quanto a nível bioquímico (PARTELLI et al., 2009).

As encostas das montanhas voltadas para o Norte são as que recebem ao longo do ano maior incidência de radiação solar direta sendo, portanto, mais aquecidas, o que também contribui para que a umidade relativa no microclima dessa encosta seja menor, conforme o Instituto Brasileiro do Café (IBC, 1986).

## Marcha diária aparente do Sol

O movimento de rotação da Terra em torno do seu eixo imaginário durante um dia faz com que, de modo gradativo, o Sol ilumine diferentes pontos da superfície terrestre, criando os ciclos do dia e da noite.

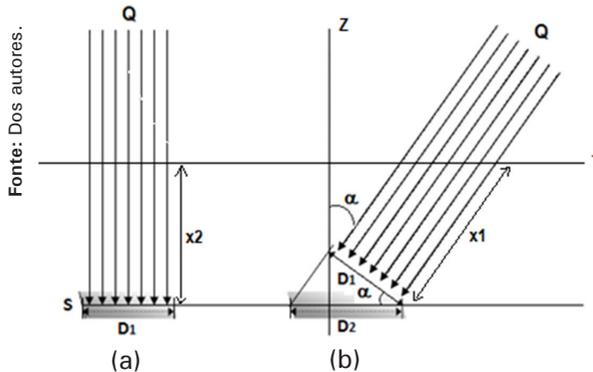
Durante o dia, a temperatura atmosférica de determinado lugar varia ao longo das horas em função da variação do ângulo de incidência e da massa atmosférica atravessada pelos raios solares.

Devido ao esfriamento radiativo que ocorre durante a noite, a menor temperatura à superfície terrestre ocorre quase sempre próximo ao nascer do Sol.

No período da manhã, após o nascer do sol, a radiação incidente na superfície terrestre ocorre com grande obliquidade (Figura 2b), contribuindo para sua maior atenuação antes de alcançar a superfície terrestre, já que a espessura da atmosfera a ser atravessada nessa condição torna-se maior ( $x_1 > x_2$ ) do que aquela que ocorre quando o Sol se aproxima das 12 horas local (Figura 2a), quando o Sol está no zênite (Z), momento em que obliquidade dos raios solares é nula, a camada atmosférica a ser atravessada é menos espessa ( $x_2 < x_1$ ), o efeito da atenuação atmosférica é menor, assim como a área de

cobertura da radiação incidente à superfície ( $D1 < D2$ ). Logo, é nesse momento que ocorre a maior intensidade da radiação solar à superfície terrestre, quando também é alcançada a maior temperatura do dia.

Destaca-se que a inclinação das vertentes pode diminuir a obliquidade dos raios solares e aumentar a radiação solar incidente.



**Figura 2** – Desenho esquemático da obliquidade da incidência dos raios solares (a) ao meio dia (b) num determinado momento no período da manhã, em que: “T”, representa o limite da camada mais alta da atmosfera; “Q”, a direção e sentido dos raios solares; “S”, a superfície da Terra; “D1 e D2”, as áreas de cobertura da incidência da radiação solar; “x1 e x2”, as diferentes espessuras da atmosfera e “ $\alpha$ ”, determina a obliquidade dos raios solares, ou seja, o ângulo de incidência que os raios solares formam com a superfície e com o Zenith (Z).

Após passar pelo zênite, a obliquidade dos raios solares volta a aumentar até ao pôr-do-sol, reduzindo progressivamente a intensidade da radiação incidente à superfície terrestre durante o período da tarde.

Todavia, mesmo que a intensidade da radiação solar incidente diminua após o meio dia, a radiação de ondas longas emitida pela superfície terrestre se mantém por mais algumas horas, resultando no balanço positivo de energia que continua a aquecer o ar logo acima do solo, ou seja, algumas poucas horas após o meio dia solar, o calor fornecido pela superfície terrestre à atmosfera é maior do que o perdido pela atmosfera para o espaço, contribuindo, assim, para que em condições

atmosféricas normais o calor no período da tarde supere aquele do período da manhã.

Outro componente que influencia no comportamento térmico da atmosfera são as nuvens. Em dias nublados, as temperaturas são mais amenas porque as nuvens refletem para o espaço grande parte da radiação solar incidente. Em noites nubladas, as nuvens absorvem a radiação emitida pela Terra e reemitem de volta em direção à superfície terrestre, mantendo a temperatura mais elevada (VIANELLO; ALVES, 2006).

## **A marcha diária aparente do Sol e as encostas**

Após o nascer do Sol, as superfícies das faces de exposição das encostas voltadas para o nascente e para o poente começam a aquecer simultaneamente.

As faces de exposição voltadas para o Leste aquecem mais rapidamente porque recebem a incidência da radiação solar direta durante todo o período da manhã. Após o meio dia, as faces voltadas para o Leste iniciam seu processo de resfriamento, já que a radiação solar deixa de incidir diretamente nestas, passando estas a serem normalmente sombreadas no período da tarde, contribuindo para temperaturas médias diurnas mais amenas nessa face.

Nas regiões tropicais no hemisfério Sul, as encostas das montanhas voltadas para o Leste recebem, ao longo do ano, a incidência dos ventos alísios, que são ventos que se deslocam próximo à superfície terrestre a partir do Sudeste.

Já as faces de exposição das encostas voltadas para o Oeste são aquecidas durante a manhã a partir da incidência da radiação solar

difusa, ou seja, processo de aquecimento mais lento. Todavia, recebem a incidência da radiação solar direta durante toda a tarde e, segundo IBC (1986), são mais quentes e secas. Tendo sido pré-aquecidas pela manhã, normalmente nessas faces são alcançados os maiores valores na temperatura do ar, pois o balanço positivo de energia decorrente da emissão de ondas longas da superfície terrestre após as 12h local, também contribui para a temperatura média diurna mais elevada, ou seja, a encosta voltada para o Oeste é naturalmente mais quente do que aquela voltada para o Leste, ou ainda, o calor nas faces de exposição voltadas para o poente normalmente é maior do que aquele nas faces voltadas para o nascente.

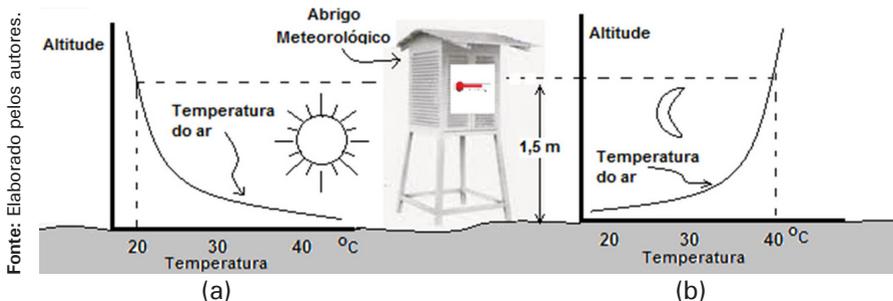
Em pesquisa realizada para a elaboração do diagnóstico ambiental da cafeicultura no estado de Minas Gerais, Bernardes et al. (2012), citam que, apesar de terem sido identificadas lavouras de café instaladas em todas as faixas de orientação das encostas nas montanhas, as faces total ou parcialmente orientadas a Oeste, expostas à radiação solar no período da tarde, apresentam menor proporção de lavouras em oposição àquelas do Leste. Ainda nesse sentido, de acordo com IBC (1986), o plantio do café arábica deve ser evitado nas faces das montanhas com exposição voltadas para o Oeste, já que é adaptado a regiões com temperaturas amenas as quais, segundo Sedyama et al., (2001), devem variar entre 18,0 e 23,5°C para a temperatura média anual.

Deve ser considerado que as faces das encostas voltadas para o Sudoeste também recebem, ao longo do ano, a incidência dos ventos de Sudoeste de moderados a fortes nos momentos anteriores à passagem de frentes frias que, segundo Camargo et al. (1974), no período do inverno, com temperaturas baixas, pode ocasionar sintomas típicos de “crestamento” foliar.

## Temperatura ao nível do abrigo meteorológico

Outro fator que contribui para que as temperaturas no período da tarde superem aquelas do período da manhã é o atraso entre a hora do aquecimento máximo ao nível do solo e a hora da temperatura máxima do ar ao nível do abrigo meteorológico, onde é realizada a medida padrão da temperatura do ar.

As maiores temperaturas ao nível da superfície do solo ocorrem no momento de maior intensidade de radiação, às 12h, exatamente quando o sol está no zênite. Porém, na altura do abrigo meteorológico (altura média do ser humano), onde os termômetros estão instalados, as maiores temperaturas do ar não ocorrem exatamente ao meio-dia, sendo possível que nessa altura o máximo da temperatura diurna ocorra somente duas horas depois, por volta das 14h (Figura 3). Essa defasagem entre o horário de maior temperatura ao nível do solo e ao nível do abrigo meteorológico, que é mais acentuada em dias de vento calmo e céu claro, é decorrente do tempo gasto no processo de transferência do calor do solo para as camadas da atmosfera existentes até a altura do abrigo meteorológico, sendo que, nas localidades situadas em latitudes mais elevadas, durante o verão, quando o céu está sem nuvens ao longo do período da tarde, a temperatura máxima do dia pode chegar a ocorrer até entre 15h e 17h (AHRENS, 2011).



**Figura 3** – (a) Modelo diurno com vento calmo, a temperatura próximo ao solo é superior àquela à altura do abrigo. (b) Modelo noturno com vento calmo, ocorre a inversão térmica. A temperatura próximo ao solo é inferior àquela à altura do abrigo.

Nesse aspecto, a compreensão da dinâmica que ocorre na camada superficial de ar em contato com o solo é de fundamental importância, já que o processo de aquecimento da atmosfera tem início a partir da incidência da radiação solar que aquece a superfície terrestre, e esta, por condução, aquece o ar imediatamente em contato com ela.

Sendo o ar mal condutor de calor, o processo de condução consegue aquecer apenas a camada de ar com poucos centímetros de espessura acima da superfície. À medida que o sol se eleva no horizonte, a superfície terrestre torna-se mais aquecida. Todavia, é a agitação mecânica que ocorre, ou seja, o movimento turbulento do ar, chamado de convecção forçada, que transporta o calor das camadas superficiais para as camadas de ar mais frias que se encontram mais elevadas.

Assim, as encostas das montanhas voltadas para o Oeste que recebem a incidência da radiação solar direta durante a tarde são naturalmente mais quentes do que aquelas voltadas para o Leste, também devido ao atraso entre a hora do aquecimento máximo ao nível do solo e ao nível do abrigo meteorológico.

## **Orientação da face de exposição da encosta**

Para o hemisfério Sul, a orientação para Leste ou Oeste da face de exposição das encostas Noruegas - voltadas para o Sul, ou Soalheiras, e voltadas para o Norte, é outro fator que contribui para que o mesoclima da montanha apresente características diferentes, principalmente em relação à temperatura atmosférica.

As diferenças da temperatura atmosférica nas diferentes faces de exposição das encostas Noruegas ou Soalheiras deve-se ao fato de que as trocas de energia ocorrem num processo em que a atmosfera recebe ou cede calor do meio com o qual está em contato, ou seja, num processo tipicamente diabático.

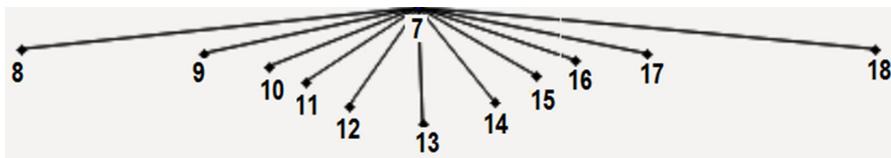
Considerando uma montanha localizada no hemisfério Sul, no período da manhã, as faces de exposição voltadas em direção aos quadrantes Nordeste, Noroeste e Sudeste recebem radiação solar, enquanto que a face de exposição Sudoeste apresenta-se sombreada (Figura 4).

Assim como a posição dos raios solares variam ao longo do dia e ao longo do ano, a sombra também projetada por uma montanha irá variar. No local onde se encontra a montanha ( $20.42^{\circ}$  S e  $42.12^{\circ}$  W), próximo a Luísburgo, pode ser observada nas Figuras 5, 7, 9 e 11 a posição da projeção da sombra ao longo das diferentes horas do dia. Nas Figuras 6, 8, 10 e 12, pode ser observado o ábaco com caminho que o Sol descreve no disco solar ao longo das horas do dia. Tanto a projeção das sombras como o caminho do Sol estão representados para os dias de Equinócio e de Solstício do ano de 2012.



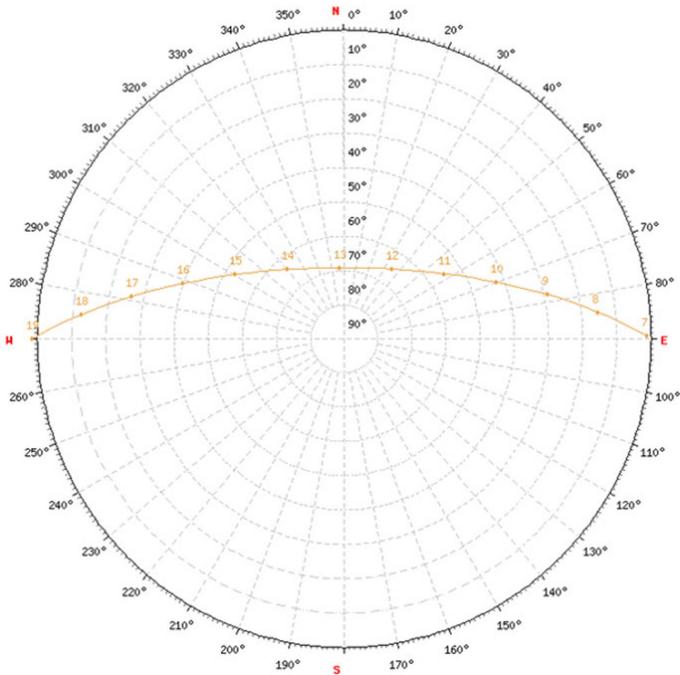
**Figura 4** – Vista da encosta sul (a) e vista superior (b) com orientação dos pontos cardeais da montanha com 1.520 m de altitude localizada a  $20.42^{\circ}$  S e  $42.12^{\circ}$  W na região entre São João do Manhuaçu e Luísburgo, ambos em Minas Gerais.

Fonte: Adaptação do GOOGLE EARTH, 2012.



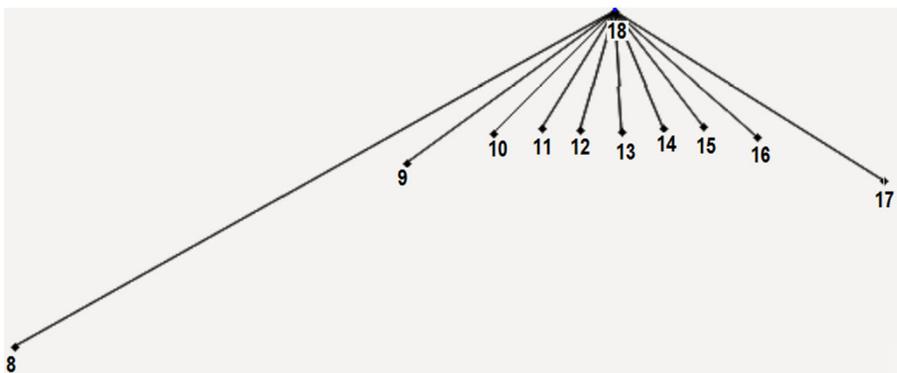
**Figura 5** – Posição da projeção da sombra da montanha localizada próximo a Luísburgo ( $20.42^{\circ}$  S e  $42.12^{\circ}$  W) ao longo das diferentes horas (representado pelos números) do dia 20 de março, Equinócio de Outono.

Fonte: Elaborado pelos autores.



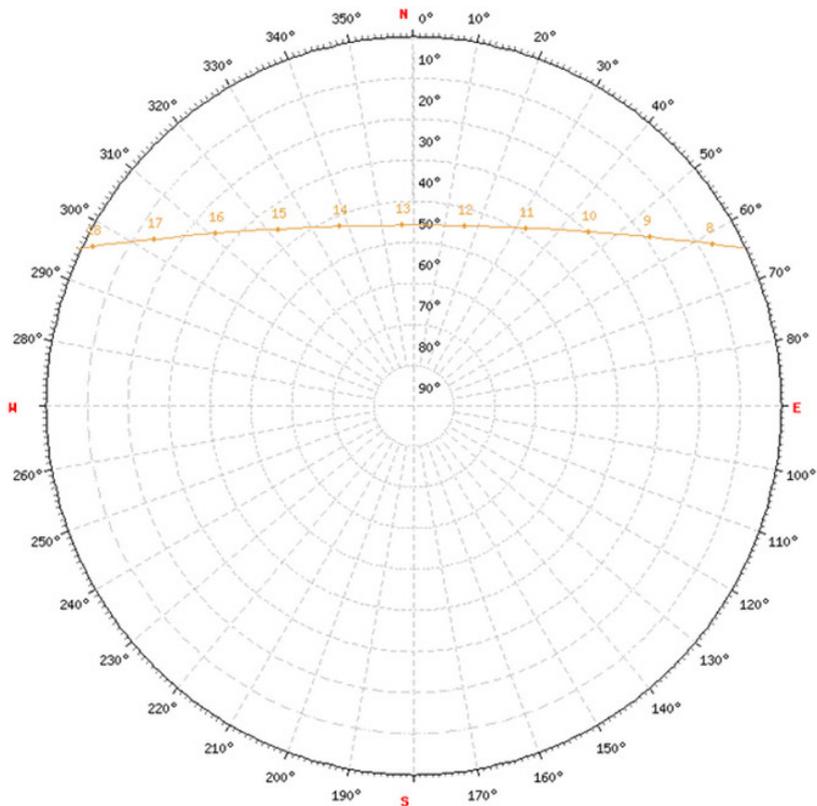
**Figura 6** – Trajetória aparente do Sol (em amarelo) sobre a montanha localizada próximo a cidade de Luísburgo (20.42° S e 42.12° W) ao longo das horas (números em amarelo) do dia 20 de março às 02h14min, Equinócio de Outono.

Fonte: Elaborado pelos autores.



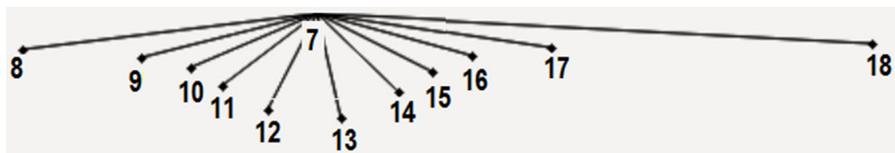
**Figura 7** – Posição da projeção da sombra da montanha localizada próximo a Luísburgo (20.42° S e 42.12° W) ao longo das diferentes horas (representado pelos números) do dia 20 de junho, Solstício de Inverno.

Fonte: Elaborado pelos autores.



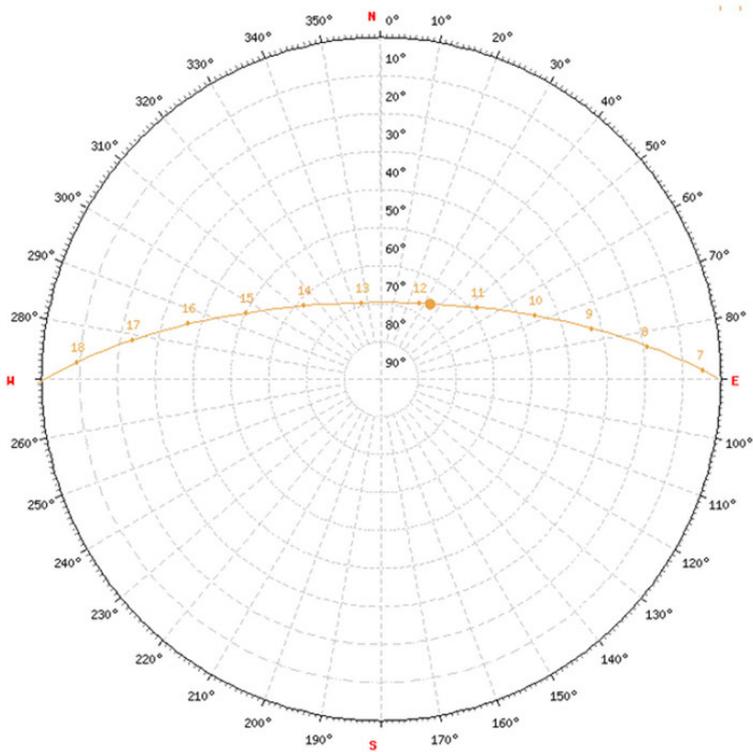
**Figura 8** – Trajetória aparente do Sol (em amarelo) sobre a montanha localizada próximo a Luísburgo (20.42° S e 42.12° W) ao longo das horas (números em amarelo) do dia 20 de junho às 20h09min, Solstício de Inverno.

Fonte: Elaborado pelos autores.



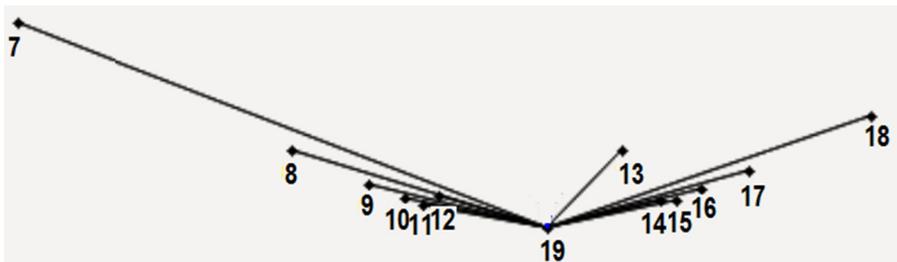
**Figura 9** – Posição da projeção da sombra da montanha localizada próximo a Luísburgo (20.42° S e 42.12° W) ao longo das diferentes horas (representado pelos números) do dia 23 de setembro, Equinócio de Primavera.

Fonte: Elaborado pelos autores.



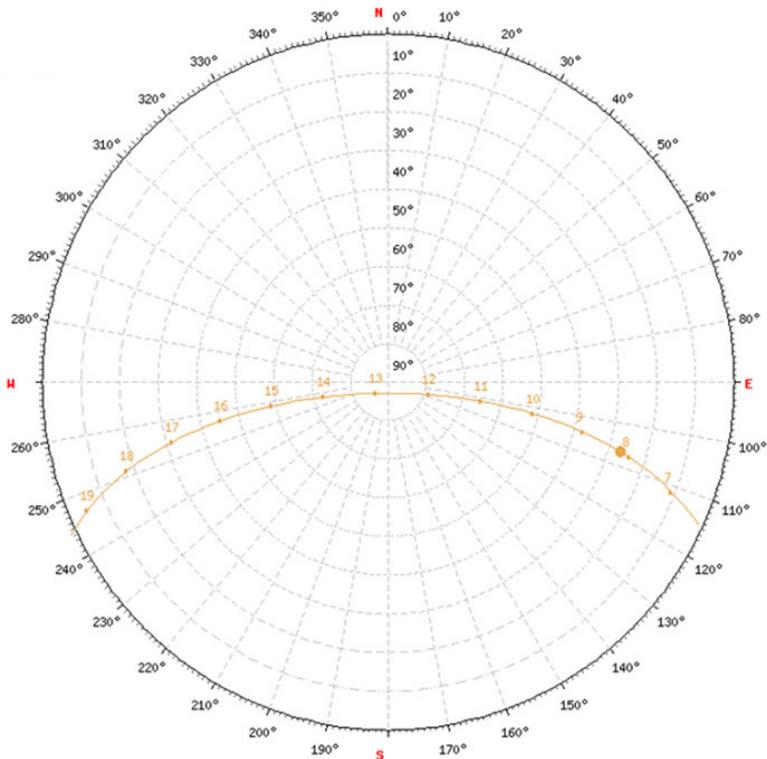
**Figura 10** – Trajetória aparente do Sol (em amarelo) sobre a montanha localizada próximo a Luísburgo (20.42° S e 42.12° W) ao longo das horas (números em amarelo) do dia 23 de setembro às 11h49min, Equinócio de Primavera.

Fonte: Elaborado pelos autores.



**Figura 11** – Posição da projeção da sombra da montanha localizada próximo a Luísburgo (20.42° S e 42.12° W) ao longo das diferentes horas (representado pelos números) do dia 21 de dezembro, Solstício de Verão.

Fonte: Elaborado pelos autores.



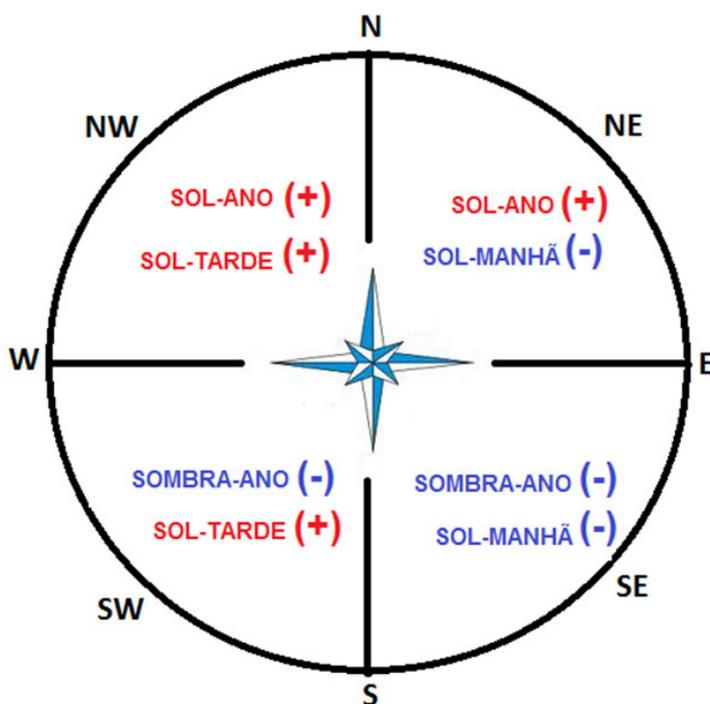
**Figura 12** – Trajetória aparente do Sol (em amarelo) sobre a montanha localizada próximo a Luísburgo (20.42° S e 42.12° W) ao longo das horas (números em amarelo) do dia 21 de dezembro às 08h12min, Solstício de Verão.

**Fonte:** Elaborado pelos autores.

A posição do Sol, representada pelo ponto maior em amarelo, encontra-se na Figura 10 sobre a linha da Trajetória Aparente do Sol às 11h49min, Equinócio de Primavera; e na Figura 12 às 08h12min, Solstício de Verão. Nas Figuras 6 e 8, o sol não aparece representado, pois o Equinócio de outono e o Solstício de Inverno tiveram início no período da noite às 02h14min e 20h09min, respectivamente.

Devido às encostas Noruegas e Soalheiras poderem apresentar-se divididas em duas porções cada uma (sendo a primeira com uma face de

exposição voltada para o Sudoeste e outra voltada para o Sudeste e, a segunda com uma face de exposição voltada para o Nordeste e outra voltada para o Noroeste) serão adotados por convenção no presente trabalho os sinais: positivo [(+) mais quente] e negativo [(-) menos quente] para representar o efeito da radiação solar incidente sobre a temperatura do ar nas diferentes faces de exposição das encostas das montanhas (NW, NE, SW e SE) ao longo do dia (sol-tarde e sol-manhã) e ao longo do ano (sol-ano e sombra-ano) (Figura 13).



**Figura 13** – Posicionamento dos sinais positivos e negativos representando o efeito da radiação solar sobre a temperatura do ar nas diferentes faces de exposição das encostas representada pelos quadrantes Nordeste (NE) Sudeste (SE), Sudoeste (SW) e Noroeste (NW) em função dos pontos cardeais.

**Fonte:** Elaborado pelos autores.

A influência da sazonalidade e da marcha diária aparente do Sol, associada à orientação da face de exposição SE da encosta Noruega, contribuem para que o efeito da radiação solar incidente sobre a temperatura do ar nessa face, representado por (-,-), a faça atingir os menores valores médios, sendo desse modo a Face Noruega SE a mais fria dentre as quatro.

Destaca-se que, em localidades com temperaturas mais amenas - normalmente encontradas em altitudes mais elevadas, o tempo gasto no processo de formação de frutos torna-se mais prolongado. Segundo Laviola et al. (2007) esse fato leva ao maior acúmulo de vários constituintes químicos que estão relacionados com a melhor qualidade da bebida do café. Esses mesmos pesquisadores citam que, em locais de menores altitudes, onde as temperaturas são mais elevadas, o ciclo de formação dos frutos ocorre em um menor período, comprometendo a qualidade da bebida.

Nas faces expostas ao sol da manhã, onde são encontradas as temperaturas mais amenas, segundo Matiello et al. (2004), são obtidas as maiores produções dos cafeeiros plantados em localidades consideradas de clima "quente".

Na Face Noruega SE, quando ocorre o plantio na estação mais fria do ano, a germinação torna-se mais demorada, sendo, desse modo, o plantio, quando realizado nessa face, normalmente feito no período mais quente do ano.

Por outro lado, a influência da sazonalidade e da marcha diária do Sol, associada à orientação da face de exposição NW da encosta Soalheira, contribuem para que o efeito da radiação solar incidente sobre a temperatura do ar nessa face, representado por (+, +), alcance os maiores valores médios, sendo, assim, a Face Soalheira NW a mais quente dentre as quatro. Desse modo, devido às temperaturas mais elevadas, nessa face de encosta, há maior probabilidade do cafeeiro apresentar problemas no crescimento das raízes e na parte aérea, os

quais podem comprometer o seu crescimento e desenvolvimento. Nessas faces, segundo Müller (2004), o solo normalmente também é mais duro e ressecado.

Considerando que as características típicas do relevo das regiões montanhosas contribuem para a ocorrência de microclimas específicos, não deve ser levado em consideração apenas a influência da orientação da exposição de vertentes sobre o cafeeiro, bem como também deve ser evitada a análise isolada da influência da altitude local, assim como também dos diferentes tipos de solos. Deste modo, torna-se de maior relevância para a planta, o resultado decorrente da combinação desses fatores do ambiente com alguns elementos meteorológicos tais como: o total da radiação incidente, a temperatura média anual, os ventos etc., que contribuem para a ocorrência de fenômenos como a geada, prejudicial para a lavoura do café e processos físicos, como a evapotranspiração e o balanço hídrico.

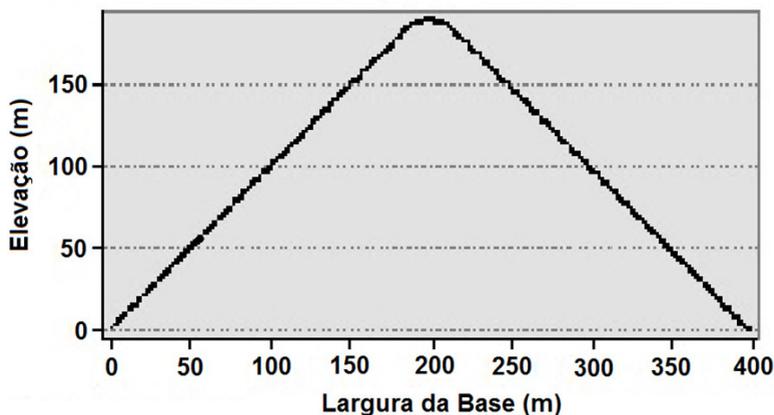
Nas regiões montanhosas com altitudes muito elevadas (naturalmente mais frias), o clima com temperaturas mais amenas, onde, segundo Reis e Cunha (2010) e IBC (1986), a espécie "*Coffea arábica* L." é adaptada, é encontrado na face de exposição da encosta voltada para o poente, a qual é naturalmente mais aquecida.

A ocorrência do déficit hídrico na Face Soalheira NW deve sempre ser evitado, pois segundo Reis e Souza (1986), o bicho mineiro, principal praga do cafeeiro, causa mais danos, principalmente nas regiões de temperaturas mais elevadas e de maior déficit hídrico.

Nas demais faces de exposição, tanto da encosta Soalheira, Face NE, quanto na encosta Noruega, Face SW, há probabilidade de ocorrência de temperaturas intermediárias (+, -). Quando comparadas, a face de exposição SW apresenta temperaturas mais amenas do que a face de exposição NE devido, principalmente, o fato de receber, ao longo do ano, menor incidência de radiação solar direta.

## Número de horas de incidência de radiação solar direta

Com o uso do software ArcGis 10 foi criada uma elevação (morro) com objetivo de reproduzir o sombreamento provocado pelo relevo em regiões montanhosas (Figura 14).



**Figura 14** – Corte transversal que representa o perfil do terreno.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Foi utilizada a ferramenta de modelagem de radiação solar existente no ArcGis 10 para determinar o número de horas de incidência de radiação solar direta no terreno para as latitudes  $0^\circ$ ,  $10^\circ$  S,  $20^\circ$  S e  $30^\circ$  S (Figura 15) no solstício de inverno e verão e para os equinócio de outono e primavera, devido à variação anual dos raios solares em relação à Terra, já que, no solstício de verão do hemisfério Sul os raios solares incidem verticalmente em  $23^\circ 27' S$  (Trópico de Capricórnio), momento de maior intensidade de radiação incidente. No solstício de inverno, eles incidem verticalmente em  $23^\circ 27' N$  (Trópico de Câncer), momento de menor intensidade de radiação incidente. Entre os solstícios ocorrem os equinócios, quando os raios verticais do Sol atingem o equador (latitude =  $0^\circ$ ).

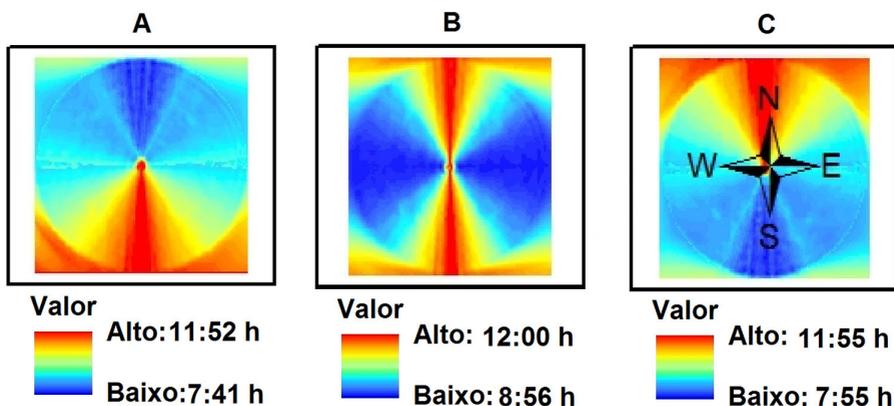


**Figura 15** – Latitudes 0°, 10° S, 20° S e 30° S.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Em seguida foram quantificados os valores médios, mínimos e máximos do número de horas de incidência direta de radiação solar para cada uma das faces de exposição do terreno (Norte, Sul, Leste, Oeste). Os resultados podem ser observados na Figura 16 e Tabelas 1, 2 e 3.W

A Figura 16 é a imagem produzida pelo ArcGis 10 da vista superior do morro de 200 metros situado na latitude 20° do hemisfério Sul. As diferentes tonalidades de cores representam a quantificação do número de horas de incidência da radiação solar direta para os Solstícios e os Equinócios.



**Figura 16** – Número de horas de incidência da Radiação Solar Direta nas diferentes faces de exposição (pontos cardeais da figura "C") de um morro situado na latitude 20° Sul no Solstício de Verão (A), Equinócios (B) e Solstício de Inverno (C).

Fonte: Elaborado pelos autores.

Como pode ser observada na Figura 16A, no Solstício de Verão, a faixa de azul que representa a área onde ocorre o menor número de horas de incidência da radiação solar direta (7:41 h) está centrada ao Norte, embora alcance das faces Nordeste até Noroeste. A faixa de vermelho mais intenso, que representa a área onde ocorre o número máximo de horas de incidência da radiação solar direta (11:52 h), está centrada ao Sul. Logo, nessa data, para um morro situado à latitude de 20° S, a área onde ocorre o menor número de horas de incidência de radiação solar direta, ou seja, a área de maior sombreamento, encontra-se bem ao Norte.

Na Figura 16B, que representa os Equinócios de Outono e Primavera, pode ser observado que a faixa de vermelho mais intenso (12:00 h) embora represente uma área mais estreita quando comparado ao Solstício de Verão, encontra-se centrada tanto na direção Norte, quanto na Sul; e a faixa de maior sombreamento, em azul (8:56 h), encontra-se centrada a Leste e a Oeste. Desse modo, verifica-se que durante os Equinócios, embora em uma menor área, a radiação solar direta incide tanto na face Norte quanto na Sul, estando o sombreamento mais associado ao movimento de rotação diário da Terra, ou seja, ao deslocamento aparente do Sol ao longo do dia.

Na Figura 16C, que representa o Solstício de Inverno, pode ser observado que a faixa de vermelho mais intenso (11:55 h) encontra-se centrada ao Norte, e a faixa de azul mais intenso (7:55 h) encontra-se centrada ao Sul. Tal distribuição denota que o sombreamento que ocorre em um morro situado a 20° S no Solstício de Inverno está associado tanto ao movimento aparente do sol durante o dia (já que a faixa de azul menos intenso alcança as faces sudeste e sudoeste) quanto ao movimento aparente do sol durante o ano (já que nessa data o Sol encontra-se na máxima declinação Norte posicionado sobre o Trópico de Câncer, fazendo com que os raios solares incidam com a maior obliquidade no hemisfério Sul).

Nas Tabelas 1, 2 e 3, estão os valores do número de horas de incidência da radiação solar direta que foram quantificados para as diferentes faces do morro situado na latitude 20° Sul no Solstício de Inverno e Verão e para os Equinócios de Outono e Primavera.

**Tabela 1** – Número máximo, mínimo e médio de horas (h) de incidência da Radiação Solar Direta nas diferentes faces de exposição de um morro situado a 20° S durante o Solstício de Inverno.

Face de Exposição	Mínimo (h)	Máximo (h)	Médio (h)	Amplitude (h)	Desvio Padrão
Norte	9:52	11:55	10:49	2:03	0.60
Leste	8:34	11:55	9:04	3:21	0.37
Sul	7:55	11:55	8:35	4:00	0.32
Oeste	8:32	11:43	9:07	3:11	0.37

Fonte: Elaborado pelos autores.

**Tabela 2** – Número máximo, mínimo e médio de horas (h) de incidência da Radiação Solar Direta nas diferentes faces de exposição de um morro situado a 20° S durante os Equinócios de Outono e Primavera.

Face de Exposição	Mínimo (h)	Máximo (h)	Médio (h)	Amplitude (h)	Desvio Padrão
Norte	9:37	12:00	10:42	2:23	0.69
Leste	8:59	12:00	9:16	3:01	0.24
Sul	9:37	12:00	10:44	2:23	0.69
Oeste	8:56	11:40	9:15	2:44	0.23

Fonte: Elaborado pelos autores.

**Tabela 3** – Número máximo, mínimo e médio de horas (h) de incidência da Radiação Solar Direta nas diferentes faces de exposição de um morro situado a 20° S durante o Solstício de Verão.

Face de Exposição	Mínimo (h)	Máximo (h)	Médio (h)	Amplitude (h)	Desvio Padrão
Norte	7:41	11:52	8:25	4:11	0.32
Leste	8:30	11:52	9:05	3:22	0.39
Sul	9:52	11:52	10:50	2:00	0.57
Oeste	8:33	11:37	9:04	3:04	0.40

Fonte: Elaborado pelos autores.

Podem ser observados nas Tabelas 1, 2 e 3 que, embora o número médio de horas de incidência da radiação solar direta nas faces Leste e Oeste seja aproximado, os menores valores médios ocorrem na

face Leste durante o Solstício de Inverno (Tabela 1) e, na face Oeste, durante o Solstício de Verão (Tabela 3). Tal fato evidencia que a contribuição do movimento aparente do Sol ao longo do ano para a formação de sombra nos morros situados a 20° S não ocorre apenas nas faces de exposição Norte e Sul, mas também nas voltadas para Leste e Oeste.

## Conclusões

Diante do exposto, pode-se concluir que as sombras formadas nas faces de exposição Norte, Sul, Leste e Oeste em uma montanha localizada em torno da latitude 20° S são influenciadas pelo movimento aparente do Sol ao longo do ano, sendo que os menores valores de radiação solar ocorrem na face Leste no Solstício de Inverno e na face Oeste no Solstício de Verão. Todavia, as diferentes orientações das faces de exposição da encosta da montanha apresentam diferentes características térmicas, sendo a Face Noruega SE a mais fria e a Face NW a mais quente. As demais faces, NE da encosta Soalheira e SW da encosta Noruega, apresentam temperaturas mais amenas.

Desse modo, no momento da implantação de um cafezal numa área de montanha, além de serem consideradas as características do cultivar, deve-se observar as características climáticas da região para a correta escolha do melhor quadrante para a implantação da lavoura cafeeira, de modo que as características ambientais, principalmente quanto à altitude, temperatura e precipitação, permitam que a planta alcance seu potencial produtivo.

## Referências

AHRENS, D. C. **Essentials of meteorology**: an invitation to the atmosphere. Belmont, CA: Brooks/Cole, 2011. 485 p.

ARNESON, P. A. Coffee rust. **The Plant Health Instructor**, 2000. Disponível em: <<http://www.apsnet.org/edcenter/intropp/lessons/fungi/Basidiomycetes/Pages/CoffeeRust.aspx>>. Acesso em: 20 jun. 2012. DOI: 10.1094/PHI-I-2000-0718-02.

BERNARDES T. et al. Diagnóstico físico-ambiental da cafeicultura no estado de Minas Gerais: Brasil. **Coffee Science**, Lavras, v. 7, n. 2, p. 139-151, maio/ago. 2012.

CAMARGO, A. P. de et al. Aptidão climática de culturas agrícolas. In: SÃO PAULO. Secretaria da Agricultura. **Zoneamento agrícola do estado de São Paulo**. São Paulo: CATI, 1974. v. 1, p.109-149.

CHALFOUN, S. M. **Glossário de termos técnicos utilizados na cafeicultura**. Lavras: EPAMIG, 2008. 305 p.

GOOGLE EARTH. 2012. Disponível em: <<http://www.google.com/earth/index.html>>. Acesso em: 20 jun. 2012.

GRIMM, A. M. Movimentos da terra, estações. In: \_\_\_\_\_. **Meteorologia básica**: notas de aula. [Curitiba]: Universidade Federal do Paraná, 1999. Disponível em: <<http://fisica.ufpr.br/grimm/aposmeteo/cap2/cap2-1.html>>. Acesso em: 24 jun. 2012. Notas de aula. Disciplina: Meteorologia básica.

INSTITUTO BRASILEIRO DO CAFÉ (IBC). **Cultura de café no Brasil**: pequeno manual de recomendações. Rio de Janeiro, IBC/DIPRO, 1986. 214 p.

LAVIOLA, B. G. et al. Partição de fotoassimilados entre folhas e frutos do cultivado em duas altitudes. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 5., 2007, Águas de Lindóia. **Anais**. Brasília: Embrapa Café, 2007.

MATIELLO, J. B. et al. Efeito da face de exposição do cafeeiro na produtividade e na qualidade dos frutos na região de Pirapora-MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 30., 2004, São Lourenço. **Trabalhos apresentados**. Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFÉ, 2004. p. 1-2.

MÜLLER J. S. **Sistemas agroflorestais com café (Coffea arabica L.) e cedro australiano (Toona ciliata M. Roem. var. australis (F. Muell.) Bahadur) na Zona da Mata de Minas Gerais: estudo de caso**. 2004. 51 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2004.

NASA. Earth Observatory. **Seeing equinoxes and solstices from space**. Sept. 23, 2011. Disponível em: <<http://earthobservatory.nasa.gov/IOTD/view.php?id=52248>>. Acesso em: 20 jun. 2012.

PARTELLI, F. L. et al. Low temperature impact on photosynthetic parameters of coffee genotypes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 11, p. 1404-1415, nov. 2009.

REIS P. R.; CUNHA, R. L. **Café arábica: do plantio à colheita**. Lavras: EPAMIG, 2010. 896 p.

REIS, P. R.; SOUZA, J. C. Influência das condições do tempo sobre a população de insetos e ácaros. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 12, n. 138, p. 25-30, 1986.

SEDIYAMA, G. C. et al. Zoneamento agroclimático do cafeeiro (Coffea arábica L.) para o Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 9, n. 3, p. 501-509, dez. 2001.

VIANELLO R. L., ALVES, A. R. **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa: Ed. UFV, 2006. 449 p.

VILELA P. S., RUFINO, J. L. S. (Coord.). **Caracterização da cafeicultura de montanha de Minas Gerais**. Belo Horizonte: INAES, 2010. 300 p.: il. (Estudos INAES. Cadeias Produtivas. Café, 1).



**Embrapa**

---

*Café*



Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento

