

5. Discussão: a paisagem

Os resultados encontrados no teste de análise de similaridades e no escalonamento multidimensional não-métrico das amostras por níveis e sondagens dos sítios de carvoaria MPB IV e MPB IX, assim como a ausência de camadas naturais verificada no campo, sugerem que ambos foram produzidos por eventos pontuais, correspondendo cada um a uma assembléia única. Magalhães Corrêa (1936) comenta que “*os terrenos aproveitados são os de matta virgem, ou de capoeirões de oito ou nove annos de formação, pois anteriormente já foram derribados para o carvão*”, ou seja, o mesmo trecho de floresta poderia ser utilizado mais de uma vez para a fabricação de carvão. Além de que não é possível saber (na ausência de evidências, até o momento) se os trechos em estudo foram utilizados mais de uma vez para a fabricação de carvão, caso isto tenha acontecido, não necessariamente os balões teriam sido construídos sobre os mesmos locais. Os sítios de carvoaria frequentemente se localizam muito próximos uns dos outros, não raro menos de 30 m de distância (Figura 1), o que, de acordo com Mounier (1997) seria um indício de carvoarias construídas em períodos distintos. Ludemann et al. (2004), ao analisar 171 sítios na Floresta Negra, também encontrou sítios compostos por apenas uma camada homogênea de carvão, sem alterações estratigráficas, concluindo que os mesmos locais provavelmente não eram utilizados duas vezes e que eram resultado de um período único de produção de carvão, que pode ter durado de alguns anos a algumas poucas décadas. É possível que sítios mais profundos, com múltiplas camadas, sejam característicos de locais com um longo histórico de produção de carvão, como a metade oriental dos Pirineus, em que esta atividade durou do período galo-romano ao final do século XIX (Davasse, 1992). Entretanto, não é possível generalizar esse resultado para a sub-bacia estudada como um todo. Santos (2009) menciona profundidades de até 60 cm para as carvoarias do Maciço da Pedra Branca, enquanto a profundidade máxima encontrada neste trabalho foi de 32 cm. A análise de dois sítios é muito pouco, e apenas a análise estratigráfica de um maior número de cavas poderia trazer resultados mais conclusivos.

Quanto às variações no plano horizontal, que poderiam refletir a estrutura do balão de carvão, Ludemann (2004) e Davasse (1992) não as consideraram significativas, alegando que os fragmentos se misturam no decorrer do processo de desmonte do balão, peneiramento e coleta do carvão. Fabre & Auffray (2002), em trabalho experimental, chegaram à conclusão que o centro e a periferia do sítio arqueológico são mais enriquecidos das madeiras que estavam sobre aquele local no balão. Neste trabalho não foram encontradas diferenças que não pudessem ser atribuídas ao acaso entre as sondagens, tanto diamétrica quanto taxonômica, chegando a um resultado mais semelhante aos de Ludemann et al. (2004) e Davasse (1992). Entretanto, foi observada alguma heterogeneidade, o que sugere que, ainda que não seja possível reconhecer a estrutura do balão de carvão pelos fragmentos arqueológicos, é importante amostrar vários pontos para garantir que as amostras sejam representativas do sítio como um todo.

Para verificar a representatividade dos fragmentos em relação ao sítio e à vegetação, foram calculadas as curvas de saturação e de Gini-Lorenz. A curva de saturação, ou curva de acumulação de espécies, é bastante controversa como medida de suficiência amostral em levantamentos fitossociológicos, uma vez que presume a existência de uma comunidade espacialmente discreta e de composição fixa (Schilling & Batista, 2008). O sítio arqueológico em análise, entretanto, é uma unidade espacialmente discreta e de composição fixa, e esta curva pode permitir a visualização da relação entre novas amostras e o aumento da quantidade de tipos encontrados. Nenhuma das curvas apresentou um patamar claro, o qual é difícil de ser alcançado em ambientes tropicais, inclusive a partir de dados arqueobotânicos (Scheel-Ybert, 2005). A curva para o sítio MPB IV, por exemplo, alcançou um patamar relativo entre os 275 e 300 fragmentos, voltando a crescer e atingir outro possível patamar por volta dos 525 fragmentos. No sítio MPB IX, a curva teve o crescimento reduzido a partir dos 225 fragmentos, mas também não foi alcançado nenhum patamar claro. Ambos os sítios apresentaram um grande número de tipos representados por poucos fragmentos (por um só fragmento foram 51 na MPB IV e 28 na MPB IX, aproximadamente 10% dos tipos de cada sítio), o que certamente contribuiu para os resultados. Entretanto, também em ambos os sítios, é pouco provável que algum tipo relativamente comum no registro arqueológico não tenha sido identificado. Seria interessante a análise de um número ainda maior de fragmentos, porém é bastante provável que a

quantidade analisada tenha sido suficiente para alcançar uma representatividade da área de floresta explorada pelos carvoeiros.

Esta hipótese é corroborada pelos índices de Gini-Lorenz calculados para os sítios, muito próximos do valor esperado para florestas tropicais (Scheel-Ybert, 2005).

Tanto a riqueza específica como a composição das amostras indicam que não havia seleção de espécies, como já comentado nos resultados. Entre as ausências notadas estão as monocotiledôneas e exóticas frutíferas, como a mangueira *Mangifera indica* e a jaqueira *Artocarpus heterophyllus*, que são encontradas atualmente na região; as palmeiras principalmente no divisor de drenagem e as frutíferas no fundo de vale (Solórzano et al., 2005; Santos, 2009). Quanto às exóticas, sua distribuição não é ampla o suficiente, mesmo no fundo de vale, para sugerir que os carvoeiros evitavam cortá-las. É possível que simplesmente não houvesse nenhuma na área utilizada para a fabricação de carvão. Quanto às palmeiras, a distribuição, ao menos atualmente, é mais ampla, e chegam a ser bastante frequentes, principalmente no divisor de drenagem (Solórzano et al., 2005; Santos, 2009). Portanto, a probabilidade de não terem utilizado as palmeiras existentes é maior do que a de estas monocotiledôneas não terem existido na área. Essa probabilidade se torna ainda maior se é considerado o esforço necessário para abater uma palmeira, principalmente em se tratando de exemplares de *Atalea dubia* ou *Syagrus romanzoffiana*, presentes na área. Por outro lado, uma presença notável é cf. *Ficus/Sorocea*. Figueiras de grande porte são comumente encontradas em florestas secundárias, às vezes ainda em estágio inicial. Por motivos culturais, provavelmente religiosos, essas árvores frequentemente deixam de ser derrubadas (Fonseca, 2005; Oliveira, 2007). Embora não seja possível ter certeza, uma vez que a anatomia da madeira de *Ficus* é semelhante à de *Sorocea*, é bastante provável que dentre as espécies que estão agrupadas sob este tipo algumas correspondam a *Ficus* (esse gênero costuma apresentar o raio um pouco menos heterogêneo que o de *Sorocea*, de acordo com as espécies depositadas na coleção de referência do Museu Nacional, o que nos permite lançar essa hipótese). Portanto, embora esta possibilidade precise de uma análise mais cuidadosa dos fragmentos pertencentes a esse tipo, é bastante provável que os carvoeiros não compartilhassem dessa crença, ou tenham dela abdicado por motivos econômicos – pelo menos no caso dos sítios analisados

neste trabalho. Por fim, a presença de uma diversidade considerável de lianas – seis espécies no sítio MPB IV e quatro no MPB IX, sugere que praticamente tudo que pudesse ser utilizado para fabricar carvão, o foi. É possível que tivessem um padrão semelhante ao que o informante Sr. Amaro relata ter sido o de obtenção de madeira a metro: “se é do tamanho de uma garrafa, serve para o corte”.

A alta probabilidade de não ter havido uma seleção, ao menos significativa, no corte, corrobora os resultados da curva de Gini-Lorenz e de saturação de que os fragmentos de carvão presentes nos sítios arqueológicos são representativos da vegetação explorada pelos carvoeiros.

Para a reconstituição dos trechos de floresta, os dados de identificação taxonômica foram interpretados conjuntamente com os de diâmetro.

Na cava MPB IV, dentre os 16 tipos mais frequentes (que apresentaram mais de dez fragmentos), oito possivelmente correspondem a espécies pioneiras ou secundárias iniciais, tendo em consideração a ocorrência dos gêneros e famílias na área (Solórzano et al., 2005; Santos, 2009) e a classificação por tipo sucessionais (Oliveira, 2002; Santos, 2009): *Guarea* sp., *Cecropia* cf. *glaziovii*, *Tibouchina* sp., Melastomataceae tipo 2, Sapindaceae tipo 1, *Rapanea* spp. e *Sapium* sp. Por outro lado, apenas dois possivelmente correspondem a espécies características de estágios sucessionais mais avançados: *Trichilia* sp. e Sapotaceae tipo 1. Os demais seis tipos não puderam ser associados a estágios sucessionais, por não terem sido identificadas a um nível taxonômico suficiente (não identificados, ou pertencem a famílias ou gêneros que podem ocorrer ao longo de vários estágios). Já na MPB IX, os tipos mais frequentes (com mais de dez fragmentos) foram *Copaifera* sp., cf. *Phytolacca*, *Pouteria* sp., *Lamanonia* sp. e cf. *Ficus/Sorocea*, que provavelmente correspondem a espécies que podem ocorrer em qualquer estágio sucessional, mais tendem a ser comuns nos médios a avançados (Oliveira, 2002, Santos, 2009; Pinheiro & Monteiro, 2009). Mas será que é possível considerar que esses taxa eram os mais comuns na floresta explorada pelos carvoeiros?

A quantificação em antracologia ainda é uma questão bastante controversa. Mesmo quando a amostra é qualitativamente representativa da vegetação da qual se origina - o que parece ser o caso, como já discutido – será que é possível assumir que a proporção encontrada entre as espécies reflete a proporção que existia na vegetação? Chabal (1990) demonstrou que a

fragmentação é semelhante para diferentes espécies, sendo portanto a contagem dos fragmentos um método quantitativo válido. Porém, Théry-Parisot et al. (2010) alegam que diferentes autores têm encontrado resultados variados, e em experimento com quase 300.000 fragmentos de carvão, ainda não haviam sido encontradas relações claras entre o volume e número de fragmentos e a densidade, umidade e volume da madeira utilizados, nem com a duração e temperatura da combustão. Concluem, entretanto, que diversos pesquisadores têm verificado que os fragmentos de carvão resultantes de incêndios naturais tendem a ter uma boa representatividade da vegetação. Ludemann (2008), a partir de trabalho experimental (onde analisa fragmentos de carvão resultantes de uma carvoaria em que toda a madeira utilizada foi previamente identificada e quantificada), conclui que a proporção de fragmentos de carvão corresponde à proporção da madeira utilizada, com pequenas variações, estando apenas os taxa utilizados na base da carvoaria mais bem representados. Os resultados encontrados por esses autores, principalmente o trabalho de Ludemann (2008), sugerem que a abordagem quantitativa tem fundamento e gera resultados mais representativos do que a abordagem qualitativa. Neste trabalho, portanto, optou-se por adotar essa abordagem, guardadas as devidas precauções.

No caso da MPB IV, o perfil encontrado para a distribuição dos fragmentos pelas classes de diâmetro é semelhante ao *tipo capoeira*, descrito por Nelle (2002). É importante notar que esse perfil diamétrico não é diretamente comparável aos construídos a partir de dados fitossociológicos, em que geralmente se encontra o padrão “J reverso” – um número muito maior de indivíduos nas classes diamétricas inferiores (e.g. Santos, 2009; Carvalho & Nascimento, 2009). No caso das análises antracológicas, o que se espera é um padrão aproximadamente inverso, uma vez que indivíduos maiores tendem a produzir uma maior quantidade de fragmentos, sendo as maiores classes de diâmetro mais bem representadas, por seu maior volume. Entretanto, a universalidade do padrão “J reverso” para florestas inequiâneas, inclusive as temperadas (Westphal et al., 2006), contribui para o pressuposto de que, a princípio, não há razão para supor que os padrões encontrados por Nelle (2002) não possam ser semelhantes ao que seria encontrado em florestas tropicais. No caso dos fragmentos de carvão, como já detalhado na metodologia, só é possível estimar o diâmetro mínimo dos taxa. E quanto a vegetação como um todo que os

fragmentos representam, é esperado que quanto maiores os diâmetros, maior a acumulação de fragmentos nas classes de diâmetro mais altas. Segundo os diagramas de referência de Nelle (2002), uma fogueira feita predominantemente com galhos apresentaria maior acumulação nas classes inferiores; fragmentos provenientes de uma floresta madura, ou em estágios sucessionais mais avançados, apresentaria maior acumulação nas classes superiores. Já uma floresta nos estágios mais iniciais, as classes médias predominariam. Esse é o padrão encontrado para o sítio MPB IV, que, portanto, corrobora os resultados da identificação taxonômica. Neste sítio apenas tipos provavelmente correspondentes a espécies pioneiras e secundárias iniciais apresentaram diâmetros maiores (cerca de 20 cm). Entretanto, foi encontrado um grande número de tipos representados por poucos fragmentos, para os quais em geral foram estimados diâmetros reduzidos a médios (predominância da classe 3 – 5 a 9,9 cm). Esta conformação é aproximadamente o que pode ser encontrado atualmente na área de estudo, e é o esperado em florestas em estágio médio de regeneração. Padrões semelhantes foram encontrados por Pinheiro & Monteiro (2009) em um fragmento de floresta semidecídua em Bauru, SP, e por Carvalho & Nascimento (2009) em um fragmento de floresta ombrófila densa submontana em Silva Jardim, RJ.

Por outro lado, no sítio MPB IX foi encontrada uma proporção muito maior de espécies com diâmetros iguais ou superiores a 20 cm. Conseqüentemente, a distribuição dos fragmentos se concentrou nas classes mais altas, em particular a classe 4 (10 a 14,9 cm). Este resultado sugere que o trecho de floresta explorado pelos carvoeiros para a construção da carvoaria que deu origem ao sítio MPB IX estava em um estágio sucessional mais avançado do que o explorado para a fabricação de carvão na carvoaria MPB IV, embora provavelmente não se tratasse de uma floresta madura, do contrário seria esperado o predomínio da classe 5 (Nelle, 2002). A análise dos diâmetros mínimos, portanto, também corrobora os resultados da identificação taxonômica. Entretanto, é importante observar que é pouco provável que as espécies mais frequentes nos fragmentos de carvão tenham sido as com maior número de indivíduos na vegetação. Espécie dos gêneros *Copaifera* e *Lamanonia*, ou da família *Phytolaccaceae*, não costumam ser dominantes em áreas de floresta ombrófila densa. E como a área de floresta da qual provêm os carvões do sítio MPB IX estava provavelmente em um estágio sucessional médio a avançado, é pouco provável que houvesse espécies

dominantes na mesma proporção do que foi encontrado na análise antracológica. No caso de *Copaifera*, é possível que o resultado seja consequência da utilização de um ou mais indivíduos de porte substancialmente maior do que os demais, pertencentes a outras espécies (foi o único tipo para o qual foi encontrada uma clara predominância da classe 5, > 15 cm). Não pode ser descartada tampouco a possibilidade da madeira de *Copaifera* ter estado em algum ponto da estrutura do balão que permitiu sua melhor conservação (Ludemann, 2002), o que, acrescentado ao seu maior porte, tenha resultado em uma alta frequência nas análises antracológicas.

No sítio MPB IV foram identificados 113 tipos, que provavelmente correspondem a um número ainda maior de espécies (devido aos tipos que contêm mais de uma espécie, e também à curva do coletor, que sugere que mais tipos poderiam ainda ser identificados). É possível que sejam provenientes de uma área de até cerca de 0,3 ha, provavelmente menos, segundo as estimativas de volume da carvoaria e do volume de madeira por ha na época. Essa riqueza específica é bastante superior ao que é encontrado atualmente no fundo do vale, de acordo com Santos (2009) – 43 espécies - e Solórzano et al. (2005) – 41 espécies. Entretanto, é comparável a outros levantamentos feitos em outras áreas de floresta ombrófila densa submontana, como a vertente sul do maciço da Tijuca, onde foram identificadas 155 espécies em 0,25 ha (Oliveira et al., 1995), a mata Rio Vermelho no município de Rio Bonito, RJ, onde foram encontradas 106 espécies em 0,4 ha (Carvalho et al., 2007) e um fragmento de floresta secundária em Silva Jardim, RJ, onde foram identificadas 129 espécies em uma toposequência de 0,36 ha (Borém & Oliveira-Filho, 2002). É interessante notar que a área de Silva Jardim, com um histórico de corte raso para plantação de banana no seu terço inferior e extração de lenha, apresentando o diâmetro médio de 11,4 cm e espécies do gênero *Tibouchina* e *Cecropia glaziovii* com um alto valor de importância – algo comparável ao encontrado para a MPB IV – apresentou uma riqueza semelhante. Segundo os autores, o número de espécies foi maior do que o encontrado para uma toposequência menos alterada por usos pretéritos.

Esses resultados sugerem que a riqueza específica do atual fundo de vale é inferior ao que era encontrado no passado na mesma área, e inferior também a outras áreas de floresta secundária, mesmo apresentando uma estrutura semelhante. O que poderia explicar essa mudança?

Mesquita et al. (2001), fizeram a comparação de duas áreas florestadas com 6-10 anos de idade, uma resultante apenas de derrubada e dominada por *Cecropia* e outra resultante de derrubada e pastagem, dominada por *Vismia*. Foram encontradas 300 espécies na área de *Cecropia* e 147 na área de *Vismia*. Segundo os autores, enquanto a área dominada por *Vismia* era caracterizada por uma grande proporção de plântulas e brotos deste mesmo gênero, a área de *Cecropia* apresentava uma diversidade muito maior de plântulas, nenhuma pertencente ao gênero *Cecropia*. Além de outros fatores decorrentes do uso do solo – por exemplo, o banco de sementes da área de pasto provavelmente se encontrava afetado pelas repetidas queimadas - e da distância dos fragmentos fonte de sementes e propágulos, as diferentes espécies pioneiras provavelmente estavam contribuindo para que o processo de regeneração ocorresse de forma diferente. Maury-Lechon (1991) destaca a importância das espécies de *Cecropia* no processo de regeneração, no qual são mais eficientes que *Vismia*: são capazes de crescer no solo exposto, criando sombra e gerando uma serrapilheira que auxilia na restauração do solo, tornando possível o estabelecimento de espécies mais delicadas.

Schnitzer et al. (2000) nota que, em algumas clareiras produzidas por quedas de árvore, a área aberta pode ser colonizada por lianas ao invés das espécies pioneiras, fazendo com que aquele local apresente um processo de regeneração alternativo, em que o desenvolvimento de espécies não-pioneiras irá demorar muito mais tempo para acontecer.

O processo sucessional em florestas tropicais em geral tende a caminhar para um estágio de equilíbrio dinâmico caracterizado por altos valores de área basal, biomassa e diversidade, mas ele pode acontecer por caminhos alternativos (Schnitzer et al., 2000; Guariguata & Ostertag, 2001; Suding et al., 2004).

A espécie *Guarea guidonia* é atualmente dominante no fundo de vale da sub-bacia estudada. Como verificado nas análises NMDS e SIMPER, é o taxon que mais contribui para a distinção dos levantamentos fitossociológicos do fundo de vale em relação aos levantamentos do divisor de drenagem e ao resultado das análises antracológicas. A possibilidade desta espécie apresentar ação alelopática (L.F. Moraes, informação pessoal), inibindo o desenvolvimento de outras espécies, pode ser a explicação para a redução na riqueza específica no fundo de vale em relação ao passado. *G. guidonia* também foi registrada como espécie

dominante em uma encosta reflorestada com leguminosas arbóreas em Angra dos Reis, onde foram encontradas 50 espécies nos 0,24 ha amostrados (Chada et al., 2004). O número de espécies nesta área de Angra é bastante alto em comparação com outras áreas de idade semelhante (e.g. Oliveira, 2002), provavelmente em consequência do reflorestamento, mas seria interessante a continuação do acompanhamento das populações de *G.guidonia* e das demais espécies nesse local.

É possível que uma conjunção de fatores desencadeados pelas alterações antrópicas, como no caso *Vismia/Cecropia* (Mesquita et al., 2001), tenha favorecido a dominância de *G.guidonia*, que teria se mantido por meio de um mecanismo de feedback positivo (Suding et al., 2004). Esta espécie, bastante comum na Mata Atlântica, não costuma apresentar uma dominância tão acentuada. Por exemplo, *G.guidonia* ocorre no Maciço da Tijuca (Oliveira et al., 1995) e na Mata Rio Vermelho (Carvalho et al., 2007), mas não se mostra dominante nessas áreas. Também na Costa Rica, em áreas com diferentes históricos de uso do solo (cana, pasto, plantação de café), com tempo de abandono de 5 a 75 anos, *G.guidonia* é uma das espécies mais presentes, e frequentes, mas não é dominante (Aide et al., 2000).

Já a riqueza específica encontrada no sítio no divisor de drenagem, MPB IX, 66 em possivelmente 0,04 ha, é comparável ao encontrado por Santos (2009), - 40 espécies em 0,04 ha na cava IX. Além disso, as cavas do divisor de drenagem se mostraram, além de mais diversas, menos similares entre si (Santos, 2009).

Não foram encontradas diferenças significativas entre a distribuição de espécies por famílias nos sítios MPB IV e MPB IX e o que foi encontrado atualmente. A família Fabaceae foi a que apresentou maior número de espécies, tanto nos levantamentos antracológicos quando nos levantamentos fitossociológicos. Embora Myrtaceae seja a família com o maior número de espécies com ocorrência na Mata Atlântica, uma maior riqueza de espécies dessa família, assim como de Lauraceae, é esperada em florestas mais maduras (Leitão Filho, 1993; Tabarelli & Mantovani, 1999). Uma maior riqueza de espécies da família Myrtaceae foi encontrada em florestas maduras (em bom estado de conservação) como o morro da Boavista, no Maciço da Tijuca (Oliveira et al., 1995), a E.E.E do Paraíso, em Cachoeira de Macacu (Kurtz, 1994), um trecho de floresta climáxica em Ilha Grande (Oliveira, 2002) e por Müller (inédito) no

divisor de drenagem do Maciço da Pedra Branca. As maiores riquezas foram encontradas na floresta climática em Ilha Grande e na E.E.E. do Paraíso (28 e 27 espécies de mirtáceas, respectivamente). Uma maior riqueza de fabáceas foi encontrada, além da área de estudo, em florestas secundárias em variados estágios de regeneração na Serra do Inhoaíba e na vertente sul do Mendanha (Santana, 2002), em Silva Jardim (Borém & Oliveira-Filho, 2002), na Mata do Carvão (Silva & Nascimento, 2001), em Pedra de Guaratiba (Peixoto et al., 2004) e em Rio Bonito (Carvalho et al., 2007), sendo a maior riqueza encontrada em Silva Jardim (24 espécies).

A partir dos resultados de Santos (2009) é possível perceber que a floresta que pode ser encontrada atualmente no divisor de drenagem apresenta não só uma maior diversidade α (maior número de espécies encontrado nas cavas do divisor em relação às do fundo de vale), como também β (as cavas do divisor de drenagem são menos similares entre si do que às do divisor de drenagem). O fato do sítio MPB IV ter se mostrado mais semelhante ao que é encontrado atualmente no divisor de drenagem através das análises NMDS sugere que, no passado, o fundo de vale pode ter apresentado diversidades α e β mais altas.

Para explorar essa possibilidade, seria necessário analisar um maior número de sítios, tanto no fundo de vale quanto no divisor de drenagem, assim como tentar compreender os aspectos temporais e espaciais relacionados a eles. Uma vez que não é possível datar estes sítios diretamente, a análise espacial dos sítios, no sentido proposto por Mounier (1997), poderia ter resultados interessantes.

O que apreendemos desses resultados é que a sub-bacia estudada apresenta um longo histórico de ocupação, no qual as presentes ações humanas se sobrepõem às resultantes de outras ações, praticadas em outro tempo ou espaço. A produção de carvão se sobrepôs às resultantes de roçados, da extração de madeira e possivelmente de outras atividades das quais não há registro, com as quais provavelmente também coexistiu, e que também a sucederam.

Nesse sentido, é possível pensar nessa paisagem como resultante da interação de fatores físicos, biológicos e sócio-culturais em diversas escalas temporais e espaciais (Wu, 1995; Hayashida, 2005).