

ARTIGO | *PAPER*

**FRAGMENTOS DO PASSADO NO PRESENTE: QUEBRAS EM
LÂMINAS DE PEDRA POLIDAS PRÉ-COLONIAIS E TESTES DE
RESISTÊNCIA EXPERIMENTAIS**

***FRAGMENTS FROM THE PAST IN THE PRESENT: BREAKS IN
PRECOLONIAL POLISHED STONE BLADES AND EXPERIMENTAL
RESISTANCE TESTS***

Gustavo Neves de Souza^a

^a Universidade Federal do Vale do São Francisco.

RESUMO

Pouco investimento tem sido dedicado aos estudos das lâminas de pedra polida e, ainda menos, aos estudos dos fragmentos dessas lâminas. No entanto, um estudo amplo dessas lâminas, presentes em coleções de diversas instituições, de norte a sul do Brasil, permitiu perceber não apenas que essas contam com um número significativo de lâminas quebradas, mas também que havia uma certa regularidade nas formas das quebras. Analisamos aqui as quebras mais comuns, procurando descrevê-las e, mais do que isso, identificar suas causas. Para tanto, além das análises das coleções, em um trabalho de arqueologia experimental, construímos réplicas e realizamos testes de resistência, objetivando conhecer a resistência de lâminas polidas à aplicação de forças e as potenciais causas das quebras observadas no material arqueológico. Conseguimos assim estimar a força que uma lâmina encabada é capaz de suportar antes de se fragmentar, bem como entender alguns dos mecanismos envolvidos nas quebras.

PALAVRAS-CHAVE

Lâminas de pedra polida, Machados de Pedra, Quebras.

ABSTRACT

Little effort has been made on studying polished stone blades, and even less on the study of fragments of these blades. However, a broad study of these blades, present in the collections of various institutions, from north to south of Brazil, allowed us to realize that they not only had a significant number of broken blades, but that there was a certain regularity in the shapes of the breaks. Here we analyze these most common breaks, trying to describe them and, moreover, identify their causes. For this purpose, in addition to analyzing the collections, in an experimental archeology approach, we built replicas and carried out resistance tests, aiming to know the resistance of polished blades to the application of forces and the potential causes of the breaks observed in the archaeological material. In this way, we were able to estimate the force that a handled blade is capable of enduring before breaking, as well as understanding some of the mechanisms involved in breakages.

KEYWORDS

Polished Stone Blades, Stone Axes, Breaks.

COMO CITAR ESTE ARTIGO

SOUZA, Gustavo Neves de. Fragmentos do passado no presente: quebras em lâminas de pedra polidas pré-coloniais e testes de resistência experimentais. *Cadernos do Lepaarq*, v. XX, n.39, p.188-212, Jan-Jun. 2023.

INTRODUÇÃO

Mesmo antes de a arqueologia se constituir como campo próprio do conhecimento, os ditos “machados de pedra” já eram entendidos como artefatos produzidos pelo homem. Inclusive, algumas das primeiras publicações que associavam essas peças a ferramentas produzidas por seres humanos por pouco não produziram mártires da arqueologia. Um caso exemplar em que isso quase se configurou foi o de Isaac de la Peyrère, que em meados do século XVII teve que renegar a suas proposições e teve seus escritos queimados, como resultado de um julgamento por um dos tribunais eclesiásticos. O julgamento se deveu justamente por associar os machados de pedra aos seres humanos, que teriam, portanto, uma antiguidade muito maior do que a até então aceita (BICHO, 2006).

Os machados - inicialmente os lascados e posteriormente os polidos - foram importantes também como ferramentas para a periodização das civilizações europeias, como observamos na proposta de Thomsem (ESKILDSEN, 2012), com especial atenção dada à disseminação do polimento enquanto tecnologia inovadora. Os machados polidos, por sua vez, se tornam ferramentas representativas de um novo modo de vida, configurando posteriormente o que veio a ser definido como uma revolução, a dita “Revolução Neolítica” (MILES, 2016), embora essa terminologia, por assim dizer, “revolucionária”, possa ser questionada.

A despeito de toda essa importância histórica, relativamente pouca atenção tem sido dada ao material lítico no Brasil, se comparada com aquela dada às análises de material cerâmico. Essa discrepância é ainda mais notória quando nos referimos ao material lítico polido. Raras são as publicações que se destinam a fazer uma análise desse tipo material. No tocante aos fragmentos as menções e análises são ainda mais escassas. É, portanto, com o objetivo de contribuir para o preenchimento dessa lacuna no conhecimento sobre as lâminas de pedra polida que redigimos o presente texto, buscando identificar e compreender os tipos de quebras que se observa nas mesmas.

A presente análise, que visa apresentar alguns tipos recorrentes de quebras, abarcou centenas de peças, provenientes de museus das regiões Norte, Nordeste, Sudeste e Sul do país. Essa cobertura de área bastante ampla permitiu observar uma diversidade grande formas e de quebras, de lâminas provenientes de diversos biomas, proporcionando a possibilidade de identificar padrões bastante gerais. Nosso objetivo, portanto, não é fazer uma descrição exhaustiva de todos os tipos de quebras, mas apresentar os tipos mais recorrentes e que se apresentam nas diversas coleções. Essas diversas coleções são provenientes respectivamente do Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG), Museu de Arqueologia e Etnologia da Universidade Federal da Bahia (MAE-UFBA), Museu de História Natural e Jardim Botânico da Universidade Federal de Minas Gerais (MHNJB-UFMG), Museu de Arqueologia e Etnologia da Universidade de São Paulo (MAE-USP) e Museu Arqueológico de Sambaqui de Joinville (MASJ). Já o material experimental, que objetivava compreender melhor as forças que envolvem as fragmentações observadas nas lâminas, foi identificado, produzido e testado dentro de diversas dependências da UFMG, tais como o Instituto de Geociências (IGC), Departamento da Engenharia de Minas (DEMIN), Departamento de Engenharia de Estruturas (DEES) e o MHNJB.

CARACTERIZAÇÃO DAS QUEBRAS

As peças quebradas que permitiram essa caracterização são provenientes majoritariamente de coleções doadas por particulares às instituições acima mencionadas, embora abarquem coleções pequenas coletadas por profissionais. A peculiaridade desses conjuntos é que são compostos basicamente por peças claramente diferenciáveis de material natural - de modo que mesmo leigos são capazes de identificar como antrópicas - e o fato de grande parte delas estar inteira. Ainda assim, várias dezenas de peças apresentavam acidentes graves (que teriam inutilizado a peça, fazendo com que partes inteiras ficassem ausentes), potencialmente decorrentes de uso, tornando possível a identificação de padrões. A maior parte das peças quebradas é proveniente de coleções do Sudeste, sobretudo do MHNJB-UFMG, acrescidas de algumas poucas dezenas de peças provenientes das coleções das demais regiões. Foram consideradas na análise apenas peças que apresentavam indícios de acidente de uso, estando excluídas as pré-formas e peças que sofreram tentativa de reforma, com negativos de lascamento nitidamente intencionais os quais, geralmente, obliteravam os vestígios da quebra acidental. Com isso pretende-se estabelecer também a diferenciação entre uma peça efetivamente quebrada, da qual uma parte inteira está ausente (talão ou gume, por exemplo) de peças acidentadas, que apresentam algum tipo de fratura menor, mas que permite que características gerais da peça sejam observadas e, frequentemente, mensuradas. Finalmente, as quebras são caracterizadas sobretudo a partir da morfologia da superfície interna, que potencialmente indicaria a transmissão das forças envolvidas no processo que a ela resultou em conjunção com a estrutura interna das rochas de que são constituídas. As rochas em questão são essencialmente rochas tenazes, frequentemente homogêneas e de grãos finos, compreendendo uma ampla gama de litologias (diabásios, gabros, microgranitos, charnokitos, entre outros) que, no entanto, pode ser agrupada entre rochas magmáticas (ou metamórficas de alto grau de metamorfismo). Algumas outras rochas, que apresentam estruturas diferentes, podem apresentar alguns tipos de quebras específicas, decorrentes das fragilidades relacionadas às suas respectivas estruturas internas.

Descrevemos então, a seguir os diferentes tipos de quebras identificados.

1) Reta (Fig. 1)

Esse tipo de quebra, como o próprio nome indica, é bastante regular, com um aspecto geral que lembra o resultado de uma peça serrada, embora a textura da parte quebrada preserve a granulometria natural da rocha. Nesse caso, é considerada reta uma quebra transversal ao eixo principal da peça, definido por uma linha que passe pelo meio do talão e do gume. Seria um quebra perpendicular a essa linha. Pode ocorrer em qualquer dos terços da peça, proximal, mesial ou distal.



0 5cm

Fig. 1 - Quebra Reta

2) Oblíqua (Fig. 2)

Esse tipo de quebra se assemelha ao anterior, embora a morfologia geral da peça termine por ser muito distinto. O aspecto geral da parte interna da quebra, de forma similar à anterior, é sub-plana. No entanto, diferentemente da mesma, se apresenta oblíqua em relação ao eixo principal (talão-gume). Em função dessa diferença de ângulo se configura categoria à parte, uma vez que potencialmente indicaria uma causa distinta. Pode ocorrer em qualquer dos terços da peça, proximal, mesial ou distal.



0 5cm

Fig. 2 - Quebra Oblíqua

3) Refletida (Fig. 3)

Esse tipo de quebra remete a um tipo de acidente bastante característico que se observa no material lítico lascado. Nesse caso, o acidente é resultante de uma onda de choque transmitida pelo golpe que pretendia retirar a lasca que termina por se “refletir”, notoriamente na extremidade distal,

por vezes alcançando a face externa da mesma (inutilizando o potencial gume distal, portanto). Nesse caso a morfologia da quebra emula um acidente dessa natureza em que o golpe teria como plano de percussão a superfície do talão. Observamos a ocorrência desse tipo de quebra apenas na parte proximal mas, em princípio, nada impede que ocorra em outras partes da peça.



Fig. 3 - Quebra Refletida

4) Ultrapassada (Fig. 4)

Esse tipo de quebra, novamente remetendo a um tipo de acidente característico no material lítico lascado, se parece com uma lasca ultrapassada, ou seja, uma lasca apresentando uma parte distal que termina por levar a extremidade do núcleo oposta ao plano de percussão. Esse tipo de quebra parece ser mais comum na parte distal, emulando uma lasca que teria como ponto de percussão o talão. O lascamento, que de fato parte de um golpe na lateral do gume, não raro apresenta características de lascamento com percussão leve, como o lábio pronunciado e o bulbo difuso. No entanto, observamos esse tipo de acidente também ocorrendo na parte proximal, como se o golpe partisse, portanto, da parte distal (no caso, o gume da lâmina polida).

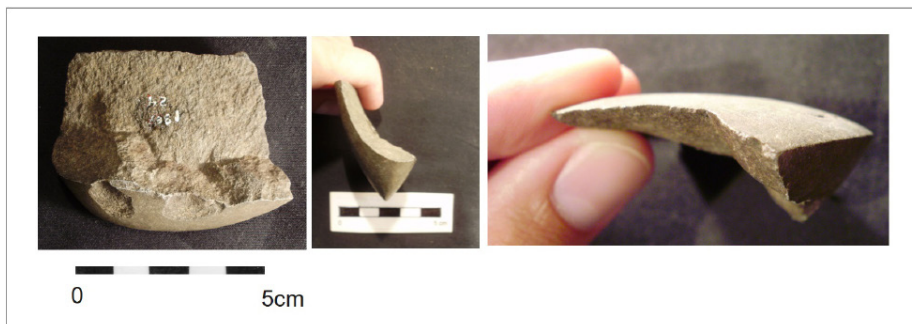


Fig. 4 - Quebra Ultrapassada

5) Curva (Fig. 5)

Esse tipo de quebra se assemelha a um corte transversal menos regular, com uma extensão no sentido do eixo principal, formando uma espécie de bico em uma das laterais. Pode ocorrer também a formação de duas dessas extensões, em cada um dos lados (ou flancos), formando uma

quebra côncava, portanto. Essa quebra foi observada apenas nas partes mesial e distal das lâminas.

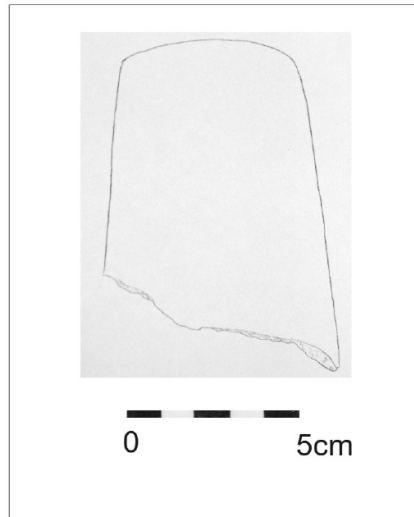


Fig. 5 - Quebra Curva

6) Clivagem (Fig. 6)

Esse tipo de quebra parece decorrente essencialmente da estrutura das rochas em cujas matérias-primas específicas a lâmina foi produzida. Nesse caso há uma espécie de deslaquetamento, acompanhando os planos de clivagem ou a xistosidade da rocha (frequentemente sedimentar ou metamórfica, que guarda uma estrutura de planos paralelos).

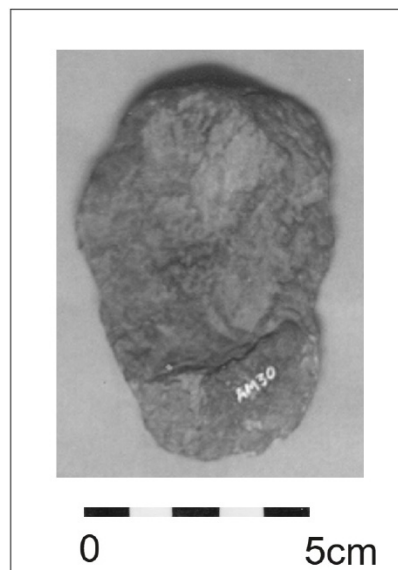


Fig. 6 - Quebra em Clivagem

O TRABALHO EXPERIMENTAL

Com o objetivo de compreender melhor os processos envolvidos nas quebras de lâminas polidas procedemos a alguns experimentos, os quais consistiram na produção de réplicas e testes de resistência a compressão e impacto, uma vez que a cada golpe de uma lâmina encabada há

potencialmente esses dois tipos de efeito ocorrendo sobre a mesma.

Primeiramente, pretendemos estimar o montante de força que uma lâmina pode suportar no golpe contra um tronco de madeira. Em outras palavras, pretendemos descobrir a força necessária para quebrar uma lâmina de pedra polida através de uma força que imprima pressão axial (no sentido do eixo principal da lâmina). Um segundo objetivo seria entender um pouco melhor as quebras, cujo número limitado de formas nos levou a pensar que seria possível estimar suas origens. Com base nas categorias de rochas mais comuns identificadas durante as análises das coleções, chamou a atenção a escolha das rochas básicas e homogêneas. Assim, embora não tenhamos acesso a fontes de diabásio, que seriam ideias, como tivemos à disposição blocos de basalto que apresentavam essas características - essa é uma rocha que foi efetivamente utilizada em diversos contextos do Brasil - decidimos utilizá-la na confecção das réplicas.

A partir de um grande bloco de basalto e de outro menor, confeccionamos 4 réplicas de lâminas polidas, cujas formas e tamanhos foram escolhidas parcialmente em função dos blocos que tínhamos à disposição mas, sobretudo, de medidas compatíveis com as das peças arqueológicas. A morfologia mais comum dentre as diversas coleções é a de tipo triangular. Portanto, confeccionamos 3 lâminas com esta morfologia. Como contraponto, confeccionamos uma peça de morfologia trapezoidal, também bastante comum no universo das lâminas de pedra polida do Brasil (SOUZA, 2013).

Para a fabricação das réplicas utilizamos serras diamantadas específicas para o corte de rochas, pertencentes ao Laboratório de Preparação de Amostras, ao Laboratório de Tecnologia de Rochas e Laboratório de Laminação, do IGC-UFMG. Posteriormente as réplicas passaram em um esmeril da marcenaria do MHNJB-UFMG para a retirada das arestas e formatação final. Este método foi escolhido por apresentar menor número de variáveis não controláveis, por otimizar a matéria-prima disponível e por agilizar o processo de fabricação, dado que o processo tradicional é muito mais dispendioso, com mais variáveis de difícil mensuração que não era o foco do presente processo de experimentação.

FABRICAÇÃO DAS RÉPLICAS DE LÂMINAS

As réplicas foram fabricadas sobre blocos de basalto provenientes da região do Triângulo Mineiro. Dois deles foram coletados às margens de um rio, já apresentando um formato relativamente próximo àquele adequado à produção de uma lâmina polida. Um bloco foi utilizado na confecção de uma lâmina triangular. Um segundo, na de uma trapezoidal. O terceiro bloco, de formato poliédrico e bem maior do que os demais, foi coletado em uma pedreira. Esse último foi serrado, objetivando a confecção de duas outras lâminas triangulares. O processo a que foram submetidos os blocos até que se transformassem nas réplicas é o mesmo para todas e está descrito abaixo. As informações sobre tempo e material retirado, bem como o tamanho final das réplicas estão nas tabelas abaixo. As réplicas concluídas e encabadas podem ser observadas na Fig. 7.



Fig. 7 - Réplicas de lâminas e blocos de diferentes madeiras para encabamento das mesmas

Devido a limitações da matéria-prima (blocos não muito regulares ou espessos) e do processo (utilização da serra) a morfologia das réplicas apresenta duas diferenças significativas em relação ao material arqueológico frequentemente identificado. A primeira delas é a não variação da espessura ao longo do comprimento. A outra, até certo ponto intencional, diz respeito às dimensões do comprimento e largura, que nesse caso estão um pouco acima do valor médio. O intuito é o de emular um artefato arqueológico novo, que potencialmente ainda fosse passar por reavivagens de gume ao longo de sua vida útil (diminuindo seu comprimento e largura). O gume é também bastante obtuso (embora dentro do padrão), cujo objetivo é oferecer maior resistência ao impacto e, assim, diminuir a necessidade de uma eventual reavivagem durante o experimento.

A parte inicial de produção das lâminas teve lugar no Laboratório de Preparação de Amostras do IGC-UFGM. Foram utilizadas uma serra grande e uma pequena. Na serra grande o corte foi rápido (cerca de 15 minutos), produzindo uma plaqueta trapezoidal. Na sequência, as peças são levadas a uma serra menor, para terem aparadas as arestas, transformando-as em pequenas facetas, dando um aspecto ligeiramente mais arredondado à pré-forma. Essa regularização na serra menor leva cerca de 30 minutos e formata a peça proximamente ao desejado, demandando apenas a regularização e o polimento finais.

A parte de finalização das lâminas foi realizada na marcenaria do MHNJB-UFGM, utilizando-nos de um esmeril. O rebolo mais fino utilizado tinha granulometria 100 (média) e, o mais grosso, granulometria 80. O procedimento seguia a seguinte ordem. A pré-forma era molhada e então pressionada contra o rebolo mais grosso, para obliterar as arestas. A cada 2 ou 3 minutos precisava ser novamente molhada. Ao fim de 10 minutos era retirada deste rebolo, para que fosse dado o primeiro acabamento com o rebolo mais fino (de granulometria média, permitindo, no entanto, um polimento brilhante), por aproximadamente 2 minutos. A peça era então pesada e fotografada, para o acompanhamento do processo de fabricação. A proposta era a de finalizar a regularização em 60 minutos, com paradas a cada 10 minutos para coleta de dados.

Réplica 1

A primeira lâmina, fabricada sobre um dos blocos coletados no rio, foi de formato triangular. Já nas primeiras etapas, após os 45 minutos nas serras, se tornaram evidentes fraturas internas na plaqueta de rocha destinada a se tornar a Réplica 1 que, percebemos, poderiam torná-la mais frágil. Após pouco mais de 40 minutos de trabalho no esmeril mais grosso a Réplica 1 quebrou-se devido às trepidações provocadas pelas irregularidades na superfície da rocha ao ser arrastada e pressionada contra o rebolo.

Réplica 2

A segunda réplica passou pelo mesmo processo a que a primeira réplica (Réplica1) foi submetida. Era também um bloco coletado na margem do rio, passou por cortes na serra grande, na pequena, passou pelo rebolo de alta granulometria e pelo de baixa. A morfologia dessa peça, no entanto, era diferente, pois fora trabalhada para se tornar uma lâmina trapezoidal. Do bloco transformou-se em plaqueta e desta em uma lâmina polida.

Réplica 3

Essa peça passou pelos mesmos passos relatados anteriormente, tendo se transformado, a partir de um bloco poliédrico, em uma lâmina polida. O tempo de trabalho dispensado a esta peça foi o mesmo, mas a quantidade de material retirada foi maior, se compararmos com as anteriores. Isso demonstra que após a serragem, esta peça se apresentava ainda bastante irregular. Sobretudo no tocante ao talão, este dado faz diferença, pois é dele que grande parte do material é retirada.

Réplica 4

Cortada a partir do mesmo bloco da Réplica 3, esta peça passou igualmente pelos mesmos procedimentos. Apresentou uma pequena fratura, visível após os cortes na serra, mas que se tornou discreta após o polimento e não pareceu ser suficiente para fragilizar gravemente a peça como ocorrera com a Réplica 1. Esta foi a réplica que precisou de maior retirada de material para alcançar a forma desejada. Ainda assim ela é menos regular do que a Réplica 3.

Tabelas

Tabela 1. Perda de matéria por tempo no esmeril durante a fabricação das réplicas

| | | Tempo (min) Esmeril | | | | | |
|------------|-----------|---------------------|-----|------|-----|-----|----|
| | | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 |
| Perdas (g) | Replica 1 | 3,5 | 4 | 7,5 | 2 | | |
| | Replica 2 | 6 | 4,5 | 6,5 | 8,5 | 5 | 6 |
| | Replica 3 | 4,5 | 6,5 | 12,5 | 12 | 6,5 | 6 |
| | Replica 4 | 5,5 | 7 | 15,5 | 14 | 9,5 | 6 |

FABRICAÇÃO DOS CABOS

Os cabos foram fabricados sob medida para cada uma das lâminas, de modo que dispensassem aditivos como resinas ou cêras no encabamento e se encaixassem bem dentro da cavidade. Com isso, a força seria distribuída de forma mais igual, evitando rachamento do mesmo, que frequentemente parece acompanhar o eixo longitudinal do cabo.

Sabemos que as madeiras têm características diferentes, razão pela qual procuramos variar entre os tipos, objetivando eventualmente perceber a influência da madeira sobre a quebra ou sobre o rachamento do cabo. Para tanto escolhemos duas madeiras nativas, encontradas na mata-atlântica (de grande dispersão no território nacional). São elas o Angelim Pedra (*Hymenolobium* sp.) e o Jatobá (*Hymenaea coubaril*), que tem sido utilizadas, entre outras coisas, na confecção de cabos de ferramentas. A primeira (I) é uma madeira mais leve (menos compacta), mais flexível e de aspecto mais claro. Já a segunda (II) é mais densa e escura, além de mais rígida.

Ambas as madeiras eram provenientes de grandes caibros, que foram serrados de forma a fornecer retângulos de madeira. Os cortes foram feitos de modo que as fibras fossem paralelas ao comprimento do retângulo. Este seria o sentido em que as fibras provavelmente eram utilizadas nos cabos pré-históricos, já que é o sentido habitual das fibras nestas árvores (longitudinal), das quais seriam retirados os galhos destinados a se tornar cabos. É o caso também de diferentes cabos arqueológicos que pudemos observar, desde a Amazônia, passando pelo Norte de Minas Gerais, chegando ao Paraná (muito embora o local mesmo de escolha para a confecção da cavidade possa envolver a presença de nós na madeira, local onde as fibras se entrelaçam). Estes retângulos seriam os pequenos cabos que posteriormente seriam utilizados na máquina que realiza os testes de força. As cavidades foram realizadas, portanto, em sentido transversal ao das fibras da madeira (Fig. 7).

Para a fabricação das cavidades utilizamos uma broca, que fora colocada na ponta de uma furadeira. Com esta efetuaram-se um ou dois orifícios iniciais, a partir dos quais se abria a cavidade, com o auxílio de uma goiva, de dois formões e de um malho de madeira. Um paquímetro era utilizado para checar as medidas. Para verificar o encaixe perfeito utilizamos a lâmina a ser encabada e grafite. Esfregamos grafite na lâmina e introduzimos na cavidade. As partes que estavam mais altas dentro da cavidade ficavam escurecidas, podendo ser facilmente identificadas e retiradas com o formão. Assim o encaixe justo ia se fazendo pouco a pouco.

Além da diferença nas propriedades das madeiras e inclusive por causa delas, outras pequenas diferenças foram introduzidas nos dois casos, também relacionadas à questão do encabamento das lâminas.

Nos cabos em Angelim Pedra (I), madeira mais maleável (absorveria melhor o impacto), os cabos são menos espessos. Assim, fabricamos cavidades que englobariam cerca de 1/3 da lâmina e, entre o fundo da cavidade e a parte externa oposta à mesma, deixamos em torno de 20 mm, como “zona de absorção”.

Nos cabos em Jatobá (II), que são mais densos e pesados (que poderiam não resistir

tão bem à compressão) utilizamos um caibro mais espesso. Nestes produzimos cavidades que englobariam algo próximo de 50% da lâmina, proporcionando uma maior área de absorção de impacto e também uma distância maior entre o fundo da cavidade e a parte externa do cabo (com o mesmo objetivo), algo próximo dos 30 mm.

As medidas das cavidades e dos cabos podem ser observados nas tabelas abaixo. Os cabos e as lâminas encabadas neles podem ser vistos na Fig. 8.



Fig. 8A - Lâminas encabadas em Jatobá (*Hymenaea coubaril*).

Fig. 8B - Lâminas encabadas em Angelim Pedra (*Hymenolobium sp.*).

Tabela 2. Tamanho das concavidades escavadas no cabo de Angelim Pedra para cada Réplica em milímetros

| Cavidade | Comp. | Larg. | Profundidade |
|----------|-------|-------|--------------|
| Cabo R2 | 49 | 19 | 49 |
| Cabo R3 | 39 | 28 | 50 |
| Cabo R4 | 42 | 25 | 53 |

Tabela 3. Tamanho das concavidades escavadas no cabo de Jatobá para cada Réplica em milímetros

| Cavidade | Comp. | Larg. | Profundidade |
|----------|-------|-------|--------------|
| Cabo L2 | 53 | 21 | 69 |
| Cabo L3 | 47 | 24 | 65 |
| Cabo L4 | 49 | 26 | 67 |

Tabela 4. Tempos de trabalho para a produção da concavidade em minutos.

| Cabo Angelim-Pedra | Tempo |
|--------------------|-------|
| Réplica 2 | 100 |
| Réplica 3 | 70 |
| Réplica 4 | 70 |

| Cabo Jatobá | Tempo |
|-------------|-------|
| Réplica 2 | 130 |
| Réplica 3 | 90 |
| Réplica 4 | 90 |

TESTES DE COMPRESSÃO

Para simular a força repetidas vezes em uma máquina, é necessário, primeiramente, conhecer a força gerada por um ser humano médio em um golpe com uma lâmina de pedra encabada. Para tanto, utilizamos uma lâmina polida (a respeito da qual não temos informações outras além de sua proveniência ser o estado de Minas Gerais) de microgranito, rocha que sabemos ser muito resistente, a qual havia sido previamente encabada e já utilizada no corte de árvores. Ela foi levada ao Laboratório de Análises de Engenharia de Estruturas da Escola de Engenharia da UFMG (LAEES-UFMG) para a realização dos testes. Lá a lâmina teve presa à sua superfície um extensômetro (de 10 mm), em cada face, no ponto mais espesso da peça, para que então fosse utilizada em uma MTS (com atuador de 100 kN).



Fig. 9 - Réplica 4 submetida a testes de compressão em uma MTS, encabada em Jatobá (*Hymenaea coubaril*), com um gume pressionado contra um bloco de Jacarandá (*Dalbergia nigra*)

Primeiramente utilizamos a Réplica 4, para avaliar a pressão a que uma lâmina poderia ser submetida sem que fosse danificada, com o intuito de proteger a integridade da lâmina arqueológica, que seria posteriormente utilizada no teste. A lâmina foi colocada entre dois blocos de madeira, sendo o talão apoiado de um lado pelo “cabo” de jatobá (II) e a extremidade oposta, que apoiaria o gume, foi confeccionada em Jacarandá (*Dalbergia nigra*), por nós preparada (Fig. 9). Os blocos serviram tanto para simular melhor a aplicação da força (já que a mesma era utilizada com um cabo de madeira e lançada contra outra madeira) quanto para facilitar sua colocação na máquina, dado que a peça não é cilíndrica (ou com superfícies planas) como os corpos de prova frequentemente utilizados na MTS. A Réplica 4 foi submetida a pressões de 100, 200, 500, 1000, 2000 e 3000 N. Após o final deste ensaio pudemos observar que a réplica não apresentava qualquer tipo de dano visível. Portanto, inferimos que ela trabalhara apenas dentro de seu regime elástico, não acumulando quaisquer danos significativos. Repetimos então

o experimento com a lâmina arqueológica, que era mais robusta que a réplica (portanto ainda menos suscetível a algum eventual dano se aplicadas a ela forças de mesma magnitude), e à qual estavam presos os extensômetros. Com isso, através da coleta dos dados de deformação sofrida pela rocha (através dos extensômetros) quando submetida a cada um dos patamares de força aplicados (determinados na MTS), conseguimos traçar as curvas de deformação da rocha dadas por cada extensômetro com relação às forças aplicadas. A interpolação dos valores dos dados dos dois extensômetros apresentou uma precisão elevada (R^2) em relação à curva normal, indicando pouca influência de fatores externos, pelo menos na maior parte dos patamares de força (gráfico abaixo). A distorção apresentada no final indica que houve algum tipo de acomodação que, possivelmente levou a peça a sofrer também flexão, além da compressão uniaxial. Em seguida, a lâmina foi novamente encabada e realizamos o ensaio dinâmico.

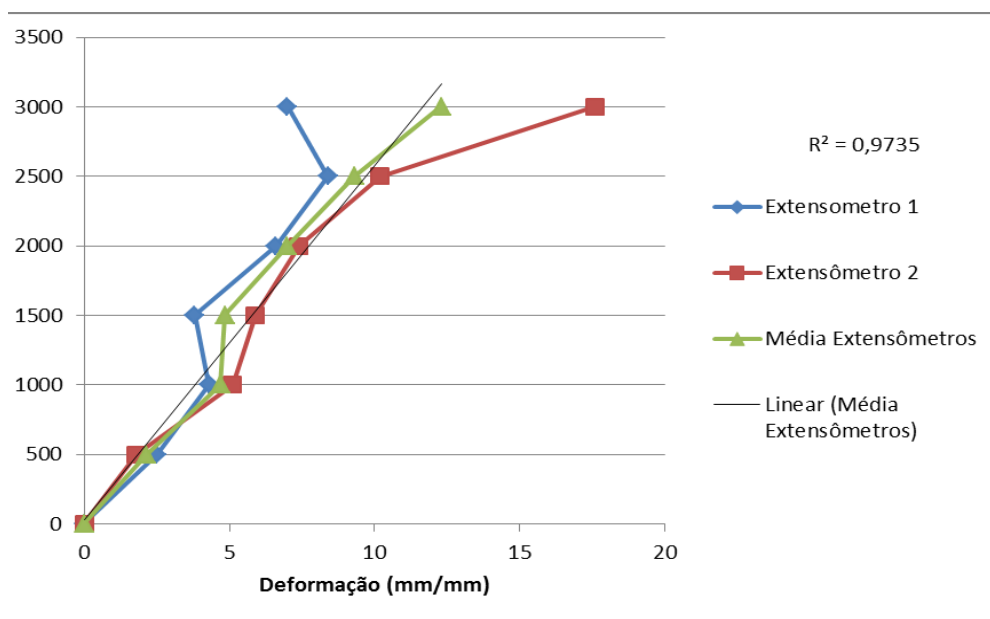


Gráfico 1 - Deformação por Carga (carga = força aplicada)



Fig. 10 - Toco de Angico (*Anadenanthera colubrina*), golpeado por lâmina de pedra, preso a viga de aço

Escolhemos um toco de Angico (*Anadenanthera colubrina*) árvore muito comum na Mata Atlântica - e que certamente teria sido alvo de derrubada em algum momento pelos grupos pré-históricos que habitaram o atual território brasileiro - como madeira a ser golpeada. O toco, de 80 mm de diâmetro, teve uma fatia longitudinal de aproximadamente 20 mm retirada, para formar uma superfície plana que pudesse ser mais facilmente afixada a outra superfície plana (parede ou similar). O toco fora então amarrado a uma viga de aço (Fig. 10) à altura próxima do tronco do lenhador. Ele fora golpeado repetidas vezes, durante pouco mais de 90 segundos com a lâmina de machado encabada, a qual se encontrava ligada aos fios dos extensômetros (Fig. 11), que por sua vez estavam ligados a um computador preparado com um programa para a leitura dos dados. Foram lidas as deformações a que fora submetida a rocha em função dos golpes e os mesmos foram comparados com os dados provenientes da linha traçada no experimento anterior. A partir desta comparação conseguimos chegar ao valor de aproximadamente 4000 N para a força aplicada, sem que possa haver dúvida. Contudo, é possível que tenha chegado próximo dos 6000 N, que foi o último dado medido com alguma precisão. Este dado pode ser colocado em discussão porque o último golpe apresentou uma oscilação maior do que os anteriores na vibração, o que pode ser resultado de alguma variável não controlada no momento, sem que possamos afirmá-lo, dado que não dispúnhamos de acelerômetros, por exemplo, para dirimir esta dúvida. Estes golpes proporcionaram cortes que penetraram até 13 mm de dentro no toco.

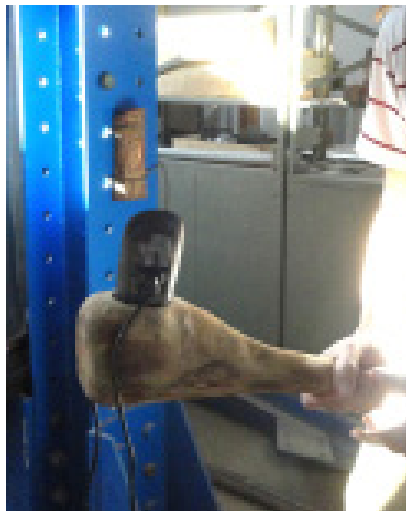


Fig. 11 - Lâmina de pedra arqueológica encabada e presa aos extensômetros

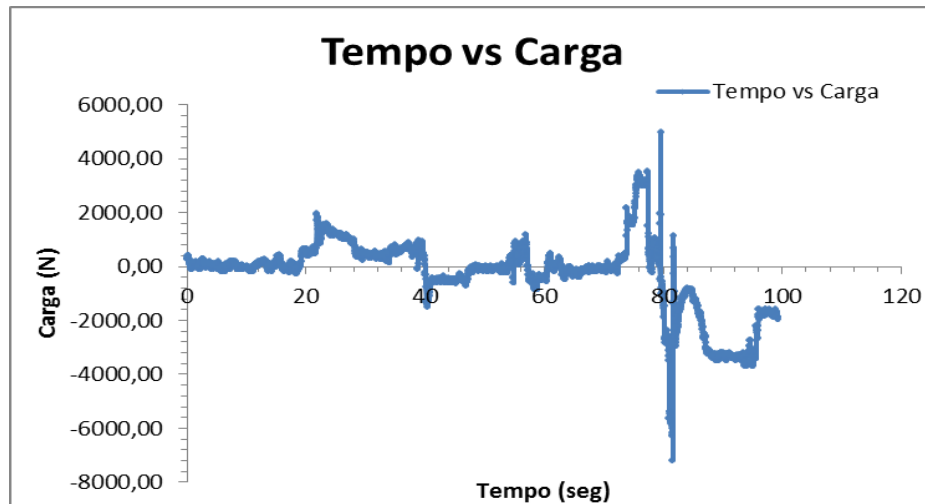


Gráfico 2 - Carga por tempo (força de impacto dos golpes por tempo)

TESTES DE IMPACTO

Para a realização do experimento utilizamos uma máquina do Laboratório de Tratamento de Minérios, desenvolvida para realizar “testes de impacto de baixa energia de Bond” (Bond, 1952), que fora adaptada para o presente teste. A máquina consiste em duas rodas que giram livres, em cujas partes inferiores estão presas barras de ferro, totalizando 29,5 kg. As rodas, de 560 mm de diâmetro, têm presos a elas transferidores, que medem os ângulos em que são giradas. Travando uma das rodas e girando a outra até certo ângulo, para em seguida soltá-la, a barra de ferro - presa na parte de baixo desta roda - age como um aríete contra a outra barra, que está presa e fixa na outra roda. O mecanismo pode ser acionado puxando-se uma corda, que passa por uma roldana (acima da roda) e é presa na parte de trás (mais externa) da barra. Para o travamento e liberação utilizamos uma chave de pressão.

Na parte da frente da barra que está presa à roda fixa (travada), prendemos um toco de angico. Na parte da frente da roda móvel, que é utilizada como aríete, prendemos o cabo com a lâmina (com peso total de aproximadamente 500 g), de modo que, quando acionado o experimento, a lâmina se choque contra o toco em ângulo perpendicular. Estamos cientes, contudo, que esse eventualmente pode se inclinar um pouco com o trabalho.

Teste 1

Utilizamos então a Réplica 3, que era a mais regular, com o cabo de madeira mais flexível (Angelim Pedra). Acoplamos a Réplica 3 encabada em angelim à barra de ferro na parte inferior da roda móvel da máquina. O toco de angico foi acoplado à barra de ferro da roda fixa à mesma altura. Giramos então a roda à qual estava acoplada a Réplica 3 até os 90° (máximo), travamos e então acionamos o mecanismo. Com este procedimento, através da fórmula $E = mgh(1 - \cos \vartheta)$, calculamos a energia aplicada à lâmina. Neste caso E = energia transmitida no impacto (ou *força ativa*), que é a onda de energia que percorre a rocha (no caso, a lâmina polida) de uma

extremidade a outra, ou até o momento em que a força se dispersa dentro da mesma, por meio de alguma zona de fraqueza, e quebra a peça. As variáveis mgh se tornam uma constante, onde m = massa (da roda com a barra acoplada, mais o cabo com a lâmina), g = aceleração da gravidade e h = altura (a partir da qual a peça é solta). No entanto, como a peça está acoplada a uma roda, a altura h deve ser multiplicada pelo cosseno do ângulo ϑ em que a roda está girada em relação à horizontal. Assim calculamos a *força ativa* aplicada à lâmina em 164,81 J (Joules), ou 164,81 Nm (Newtons multiplicado por metro, o que significa que é o trabalho realizado por uma força de 1 Newton atuando para mover o objeto por um metro na direção em que a força é aplicada). Esta energia fez com que a lâmina se fragmentasse imediatamente e, ao mesmo tempo, produziu no toco de madeira uma lasca condizente com aquelas observadas no corte de árvores utilizando o machado de pedra. A quebra foi também condizente com muitas daquelas observadas no material arqueológico, sendo caracterizada como um quebra reta, com uma pequena lingueta (Fig. 12). A peça ficou com 92 mm de comprimento máximo (dos seus 137 mm iniciais). Um pouco de seiva ficou aderida à lâmina, majoritariamente em uma das faces, aquela que ficava voltada para cima após o impacto.



Fig. 12 - Réplica 3 fragmentada com Quebra Reta

Teste 2

O segundo teste foi realizado com mais cautela, pois sabíamos que a força gerada pela máquina com o ângulo de 90° era suficiente para quebrar a lâmina com apenas um golpe, demonstrando que a força é muito elevada e concentrada em uma área relativamente pequena. Assim, decidimos realizar o teste com a Réplica 4, que é muito similar à Réplica 3, com o mesmo tipo de cabo (Cabo I, em angelim), mas desta vez com a roda da máquina girada até o ângulo de 30° apenas. Isso representaria uma força aplicada de apenas 13% daquela aplicada no Teste 1,

algo em torno de 21,42 J. Realizamos o primeiro impacto e tudo pareceu correr bem. Na segunda tentativa, igualmente bem. Já na terceira a lâmina apresentou uma trinca extremamente profunda, que de fato configurou-se como quebra. Assim, com a força somada dos 3 golpes, que equivale a 64,26 J a lâmina se fragmentou. No entanto, a forma da quebra foi diferente da apresentada no Teste 1. O resultado foi uma quebra semelhante à que denominamos refletida, apenas um pouco mais reta, como que escalonada (Fig. 13). A peça ficou com 90 mm de comprimento máximo (de seus 134 mm iniciais). No toco de Angico, nada além de um pequeno desgaste da casca como vestígio. No gume da lâmina apenas um pouco de casca aderida, unicamente em um dos lados, no caso, aquele que ficava na parte de cima, que equivaleria ao lado de baixo quando utilizada encabada em cabo longo e utilizado para o corte por uma pessoa destra.

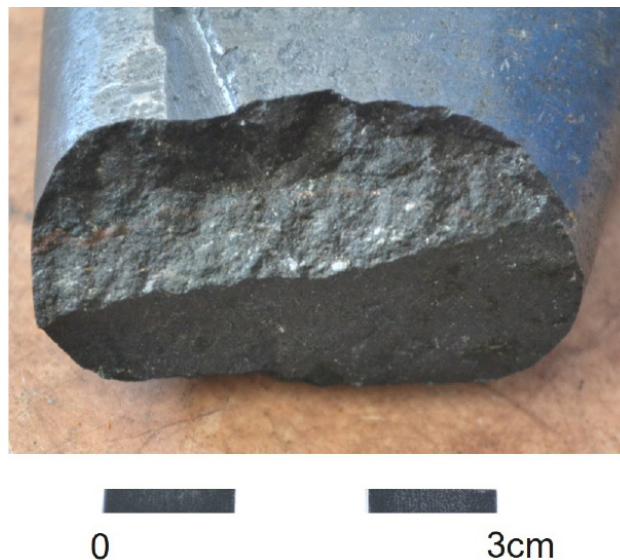


Fig. 13 - Réplica 4 fragmentada com Quebra Refletida escalonada

Teste 3

Com a Réplica 3 já quebrada, decidimos tentar observar o comportamento da mesma quando encabada no cabo de Jatobá (II), já que o mesmo é mais profundo e caberia a lâmina mesmo sem sua parte proximal. O objetivo seria averiguar se um encabamento justo faria diferença na resistência da lâmina e, além disso, averiguar se uma lâmina quebrada poderia ainda ser utilizada sem alterações significativas, desde que em outro encabamento, mais profundo. Destarte percebemos que a lâmina não ficava tão firmemente presa ao cabo. Contudo, em princípio, isso não representaria um grande problema, dado que, em uma situação normal, este problema poderia ser resolvido facilmente com um pouco de cera e resina ou simplesmente com um cabo melhor ajustado.

Iniciamos os testes com a roda girada até o ângulo de 30°, como no experimento anterior, representando uma força de 21,42 J por impacto. Nada observado na primeira ou segunda repetição, em que a força acumulada seria de 42,84 J. Até a terceira repetição o fizemos com certo receio de que a peça se quebrasse. Como a lâmina não apresentou qualquer sinal de que poderia

romper-se em breve, prosseguimos. Realizamos 100 repetições no total. A força acumulada, teoricamente, seria da ordem de 2.142 J. Nenhum tipo de dano fora perceptível na lâmina, exceto uma pequena escama desprendida do corpo da peça (local em que havia uma impureza bem visível). Observou-se também vários micro fragmentos da casca aderidos ao gume. A aderência de casca se deu apenas do lado da lâmina que estava voltado para cima.

Utilizamos o termo “teoricamente” no parágrafo anterior, ao falar da força acumulada, porque sabemos que a peça poderia estar trabalhando dentro de seu regime elástico na curva de tensão por deformação específica, o que significa que apenas uma parte muito pequena do dano era efetivamente acumulada.

Imaginando que a lâmina suportaria ainda muitos golpes decidimos passar então para golpes mais fortes, com a roda girada até os 60°. Assim o fizemos. No primeiro golpe, cuja força de impacto fora de 82,40 J, a lâmina fragmentou-se mais uma vez. Desta, a forma da quebra foi mais parecida com a da Lâmina 4 no Teste 2, com uma morfologia semelhante à refletida (Fig. 14). A peça perdeu apenas 11 mm em seu comprimento máximo desta vez, chegando a 81 mm.



Fig. 14 - Réplica 3 re-fragmentada com Quebra Refletida

Teste 4

Com o objetivo de aprofundar um pouco mais o conhecimento da relação entre a força aplicada, o dano acumulado na rocha e a possibilidade de uso de uma lâmina mais curta (e/ou quebrada) em um encabamento mais profundo, realizamos um teste semelhante ao Teste 3. Desta vez utilizamos a Réplica 4, também já quebrada no Teste 2, encabada no cabo de Jatobá (II), mais profundo. Como havíamos observado que a lâmina no Teste 3 havia suportado várias dezenas de golpes mais “fracos”, com a roda girada a 30°, sem se quebrar, decidimos exercer uma força maior. No Teste 3, apenas após uma centena de golpes de 21,42 J e mais um golpe de 82,40 J a lâmina quebrou-se. Assim, decidimos começar com a Réplica 4 já com a roda girada a 60°, fornecendo uma energia de 82,40 J.

Acionamos o dispositivo que liberava a roda e observamos que no primeiro golpe nada de peculiar havia ocorrido com a lâmina, embora tenha ficado claro que a força do golpe era muito maior. Repetimos então o experimento, com outro golpe de 82,40 J. Nesta segunda tentativa a lâmina fragmentou-se, assim como ocorrera anteriormente com a Réplica 3. A morfologia da quebra foi semelhante à oblíqua, embora apresente também características de refletida (Fig. 15). A peça perdeu apenas 8 mm de seu comprimento máximo desta vez, terminando por ficar com 73 mm de comprimento máximo.



Fig. 15 - Réplica 4 re-fragmentada com Quebra Oblíqua

Teste 5

Com o objetivo de testar a resistência de uma lâmina intacta encabada em um cabo mais profundo e justo, utilizamos a Réplica 2 encabada no cabo II (Jatobá). A mesma foi acoplada à máquina da mesma forma que as demais. A roda foi girada a 60° e travada. Foi então acionado o experimento. Após o primeiro golpe ainda nada podia ser observado em termos de danos à peça. A força gerada fora de 82,40 J. Repetimos o experimento, com a mesma força. Ainda nada havia sido notado, mesmo totalizando 164,80 J de força aplicada no total. Mais uma vez giramos a roda a 60° e acionamos o mecanismo. Com o acumulado de 247,20 J ainda nenhum tipo de dano significativo pôde ser observado. Pela quarta vez repetimos o experimento, momento no qual a Réplica 2 quebrou-se, com uma energia total de 329,6 J. A morfologia da quebra foi uma refletida “clássica”, visível tanto na lâmina solta quanto na parte presa ao cabo (Fig. 16). A réplica terminou o experimento medindo 90 mm.



Fig. 16A - Réplica 2 fragmentada com Quebra Refletida, em vista lateral.

Fig. 16B - Réplica 2 fragmentada com Quebra Refletida, vista superior, dentro do cabo.

DISCUSSÃO DOS DADOS E CONSIDERAÇÕES

A partir dos dados aqui apresentados pudemos observar algumas características importantes das lâminas polidas e do ato de cortar com elas algum tipo de madeira.

O primeiro dado importante é que as lâminas suportam golpes de energia muito mais baixa antes de se fragmentar quando encabadas em cabos curtos, em que cerca de apenas um terço da lâmina fica dentro do cabo. Nestas situações forças de 21,40 J são suficientes para causar danos cumulativos e significativos na peça, de modo que apenas 3 repetições do mesmo são suficientes para fragmentar a peça. Como sabemos que um golpe de 164,64 J é suficiente para fragmentar a peça com apenas um golpe nestas circunstâncias e que 3 golpes que acumulam algo em torno de 64,20 J também surtem o mesmo efeito, podemos supor que algo nesta faixa (de um pouco acima de 64,20 a 164,64 J) seria suficiente para fragmentar a peça de uma só vez.

O segundo dado importante está relacionado aos cabos mais profundos. Quando encabados nestes cabos as lâminas suportam uma energia aplicada maior. A Réplica 2, quando encabada no cabo mais profundo suportou 247,20 J sem que se fragmentasse. Isso significa algo próximo de quatro vezes mais resistência para as lâminas se compararmos com os cabos mais rasos.

O terceiro dado importante se refere à reutilização de peças já quebradas. Quando as mesmas são encabadas em cabos mais profundos, mesmo que não estejam muito firmemente a eles acopladas, apresentam também resistência elevada aos golpes, se comparada com aquelas utilizadas em cabos mais rasos. A Réplica 3 é um bom exemplo, permitindo demonstrar que uma força de 21,40 J pode ser repetida pelo menos uma centena de vezes sem que apareçam sinais notórios de danos à peça. No total, seriam 2.140 J aplicados, sem que a peça se rompesse. Este dado é particularmente interessante se levarmos em consideração o fato de que esta peça havia se fragmentado após sofrer um golpe bastante forte (164,64 J).

A partir deste dado podemos inferir que dentro da faixa dos 21,40 J a peça sofre compressão em níveis ainda dentro de seu regime elástico, não acumulando danos estruturais significativos. Isto, claro, quando encabada em cabos mais profundos. Por outro lado, é possível que a primeira quebra tenha deixado danos internos significativos, dado que com mais um golpe de 82,40 J a lâmina se fragmentou novamente.

Este dado é corroborado pelo fato de que a Réplica 4 (que fora fragmentada após 3 golpes de 21,40 J com o cabo raso), quando encabada (depois de fragmentada) no cabo mais profundo, suportou os primeiros 82,40 J extras sem se fragmentar. No entanto, não suportou um segundo golpe de mesma magnitude.

O teste 5 ratifica esta proposição, dado que nele é utilizada uma lâmina ainda intacta, perfeitamente encabada (encabamento mais justo), à qual é aplicada a mesma força (82,40 J) por acionamento do experimento. Neste caso a Réplica 2 suporta 3 golpes de 82,40 J sem sofrer fragmentação. Apenas no quarto golpe a peça se rompe.

No que se refere à produção, o fato de a Réplica 1 ter se quebrado é interessante sob vários aspectos. Primeiramente com relação aos testes de matéria-prima, que certamente eram realizados pelos lascadores na procura por blocos adequados. Esses testes têm o intuito de verificar as eventuais fraquezas presentes nos blocos a serem coletados e evitar o transporte desnecessário de rocha. Isto talvez explique algumas peças encontradas em escavações que estão quase brutas ou com uma única lasca retirada. Possivelmente tenha sido realizado este teste, que teria deixado claro para o lascador (talvez pelo som ou pelo contragolpe sentido através do percutor) que o bloco não valia o investimento. Assim, ele teria sido descartado ou teve sua função inicialmente pensada alterada.

Outro ponto importante relacionado a este evento é o fato de que a utilização de técnicas tradicionais teria alterado completamente o processo. O lascamento e o picoteamento propagam ondas de choque por dentro da rocha de forma certamente mais intensa do que a simples trepidação provocada pela rotação do reboło. Se por um lado ela rapidamente mostraria se uma rocha é apta ou não a se transformar em uma lâmina polida (pois se fragmentaria rapidamente), por outro lado devemos ter em mente que os golpes utilizados na fabricação podem gerar microfissuras internas, que comprometeriam a vida útil do instrumento.

No tocante à inserção da peça a um cabo, notamos que a Réplica 3 quebrou-se possivelmente devido à forma de encabamento, que embutiu apenas o terço proximal da mesma. Assim, uma grande parte da peça sofreria o impacto, que possivelmente foi ligeiramente inclinado, flexionando a rocha. Como a mesma tinha uma parte presa dentro do cabo (que estava firmemente preso à barra), esta não pôde sofrer a deformação e se quebrou. No entanto, mesmo sem que houvesse esta pequena flexão, devido à quantidade elevada de força aplicada de uma só vez e ao fato de estar encabada (impossibilitando qualquer movimento da mesma dentro do cabo), a quebra deve ter tomado esta morfologia. A partir desta constatação podemos inferir que o tipo de encabamento influi de maneira importante na forma da quebra. Portanto, é provável que diferentes tipos de quebras sejam resultantes de diferentes tipos de encabamento,

obviamente, associados a uma força excessiva ou a um golpe aplicado de forma inadequada (inclinado ou acidentalmente com parte que não seja o gume). Os experimentos sugerem também que encabamentos embutidos devem conter mais de um terço da peça dentro da cavidade, para serem eficazes mantendo a integridade da lâmina. Encabamentos embutidos que contenham aproximadamente 50% da lâmina são no mínimo três vezes mais resistentes a golpes fortes (que acumulam danos estruturais internos), podendo certamente suportar, sem gerar danos, milhares de golpes de menor energia.

Algo que corrobora o exposto sobre as quebras são os testes 3 e 4, com as lâminas já quebradas e re-encabadas em cabos mais profundos. No teste 3 pudemos observar que mesmo uma lâmina que já havia sofrido um impacto forte conseguiu suportar dezenas de golpes mais fracos, desde que novamente encabada. No entanto, com um aumento significativo da força, a mesma não resistiu. Já no teste 4, também com uma lâmina previamente quebrada, aplicando desde o início uma força maior, notamos que a mesma não suportou muito. Podemos inferir, pois, que as lâminas aparentemente acumulam a força dos impactos em alguma medida (através de microfissuras internas), mas que este acúmulo parece ser significativo apenas quando os golpes aplicados excedem um determinado patamar, que pode ser estimado entre algo maior do que 21,4 J e menor do que 82,32 J.

No que toca à morfologia das quebras, podemos recuperar alguns dados a partir, por exemplo, da aderência de casca, que se deu apenas do lado da lâmina que estava voltado para cima. O teste 4, com a Réplica 4 é um bom exemplo. Neste caso, o lado em que houve a aderência equivaleria ao lado de baixo de uma lâmina quando utilizada encabada em cabo longo e utilizado para o corte por uma pessoa destra. Assim, a parte da reflexão do golpe (no caso, face da peça) que deixa a lingueta mais comprida é exatamente a que fica pra cima também, aquela que equivaleria à parte de baixo da lâmina do machado normalmente encabado. A morfologia da quebra que parece uma mistura de inclinada com um pouco de refletida, parece indicar que talvez dois processos distintos (forças atuando em diferentes direções) estejam envolvidos. Assim, em alguns casos as forças de compressão parecem ter sido mais importantes, enquanto em outros a flexão é que foi maior. Observamos ainda que a morfologia das quebras é muito similar na maioria dos casos. Apenas na peça que sofreu o dano mais forte a quebra se inclinava para uma quebra reta. Nas demais, a quebra tinha sempre características de refletida, principalmente naquelas em que a força acumulada aparentemente era feita de forma mais gradual. Isso parece indicar que quebras retas são resultantes de golpes de alta energia, enquanto as refletidas são resultantes de golpes de menor energia, ainda que acumulados.

Sobre a matéria-prima das lâminas as experimentações trouxeram também um dado importante, que foi dar a conhecer que as lâminas podem ser utilizadas por centenas de vezes, desde que os golpes com elas aplicados sejam de força não muito elevada, de modo a permitir à rocha trabalhar dentro de seu regime elástico e, portanto não acumular danos estruturais internos. Os movimentos de corte realizados pelos indígenas Xetá do Paraná gravados em vídeo por Vladmir Kózak, bastante curtos, são condizentes com esse entendimento do comportamento

das lâminas. Assim, depreendemos que é necessário que haja golpes excessivamente fortes para que as peças sejam fragmentadas, ou que o ângulo do golpe e o encabamento sejam inadequados ao serviço.

Através de uma aproximação pudemos concluir ainda que a força utilizada no corte com a lâmina arqueológica encabada (entre 4 kN e 6 kN) foi suficiente para fazer cortes de 15 mm de profundidade na madeira. Curiosamente, se aplicarmos uma regra de três simples ao compararmos a força observada no regime elástico da rocha, no experimento com máquina de Bond, com os 4 kN de força aplicada, encontramos um deslocamento de 15 mm. Esta foi exatamente a profundidade alcançada pela lâmina dentro do toco de angico. Se levarmos em conta que há absorção e dispersão de energia no momento do golpe podemos inferir que a força aplicada realmente teria sido maior, tornando o valor de 6 kN perfeitamente plausível. Podemos assumir então que 6kN é uma força que pode ser aplicada sucessivas vezes nos golpes de forma eficiente e sem gerar danos à peça.

Esperamos assim ter contribuído com o lento processo de preenchimento das lacunas presentes no conhecimento sobre as lâminas polidas, seus fragmentos e sobre algumas das principais forças envolvidas nesse processo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos professores Dr. Roberto Galéry do Departamento de Engenharia de Minas (DEMIN-UFMG), Dr. Antônio Romano e Dra. Maria Giovana Parizzi do Instituto de Geociências (IGC-UFMG), Dr. Francisco Carlos Rodrigues e Dr. Rodrigo Barreto Caldas do Departamento de Engenharia de Estruturas (DEES-UFMG) pelo auxílio e pelas oportunidades de fazer uso de seus laboratórios, nas experimentações, corte e análises das rochas. Agradeço também ao Prof. Dr. Ayrton Hugo de Andrade e Santos, à época no Laboratório de Análise Experimental de Estruturas (LAEES-UFMG), pelo auxílio no tratamento dos dados obtidos nos testes com os extensômetros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BICHO, Nunes F. Manual de Arqueologia Pré-histórica. 548p. Edições 70. 2006.
- BOND, Fred. C. "Third Theory of Comminution". Trans. AIME, 195. 193(2). 484p. Mining Engineering. Allishalmers Publication n° 07R9235B. 1952.
- COLES, John M. Arqueologia experimental. Lisboa : Bertrand, 1977. Tradução de Maria Fernanda Torrinha.
- ESKILDSEN, Kasper Risbjerg. "The Language of Objects: Christian Jürgensen Thomsen's Science of the Past." Isis, vol. 103, no. 1, 2012, pp. 24–53. JSTOR, <https://doi.org/10.1086/664975>. Accessed 1 Sep. 2022.
- FERNANDES, Henry Luydy Abraham. (a) As lâminas de machado lascadas aratu de Piragiba – BA. (273p.) Tese de Doutorado. Universidade Federal da Bahia. 2011.

- HURCOMBE, Linda. Organics from inorganics: using experimental archaeology as a research tool for studying perishable material culture. *World Archaeology*, v. 40, n. 1, p. 83-115. 2008. DOI: 10.1080/00438240801889423
- KOZÁK, Vladmir; BAXTER, David; WILLIANSO, Laila; CARNEIRO, Robert. Os índios Hetá: peixe em lagoa seca. *Revista do Instituto Histórico, Geográfico e Etnográfico Paranaense* v. XXXVIII, p. 9-120. 1981.
- MILES, David. *The Tale of the Axe: How the Neolithic Revolution Transformed Britain*. 384p. Thames & Hudson. 2016.
- PROUS, André. Experimentação na Arqueologia Brasileira: entre gestos e funções. In: BUENO, Lucas; ISNARDIS, Andrei. (org.) *Das pedras aos homens: Tecnologia Lítica na Arqueologia Brasileira*. Belo Horizonte: ed. Fino Traço, 2008. p. 155-172.
- PROUS, André, ALONSO, Márcio., PILÓ, Henrique., XAVIER, L. A. F., LIMA, Ângelo P. & SOUZA, Gustavo N. Os machados pré-históricos no Brasil - descrição de coleções brasileiras e trabalhos experimentais: fabricação de lâminas, cabos, encabamento e utilização. *Canindé: Revista do Museu de Arqueologia de Xingó*. v. 2, p.161-236. 2003.
- SOUZA, Gustavo N. de. *Estudo das lâminas de pedra polidas do Brasil: diversidades regionais e culturais culturais*. (239p.) Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2013.
- SOUZA, Gustavo N. & FIGUEIREDO, Filipe A. Experimentação de Perfuração em Madeira. *Anais do XII Congresso da Sociedade de Arqueologia Brasileira*, p.1-10. 2005

Recebido em: 23/01/2023
Aprovado em: 11/03/2023
Publicado em: 14/06/2023