

A GEOMETRIA DE UM MOINHO DE ÁGUA EM SAMARCANDA

THE GEOMETRY OF WATER MILLS IN SAMARKAND

Marília Valério Rocha¹

Resumo

O objetivo deste artigo é apresentar uma proposta transdisciplinar para ser ministrada nas disciplinas de Educação Gráfica, nas Engenharias. Apresenta-se a modelagem geométrica do moinho de água presente na fabricação de papel de uma fábrica próxima à cidade de Samarcanda, no Ubezquistão. A proposta integra modelagem geométrica (software Inventor, da Autodesk), Desenho Técnico (extração de vistas ortográficas cotadas, cortes e montagem), Física (transformação de energia potencial hídrica em mecânica) e História (Rota da Seda). Buscou-se, por meio dos relatos de viagens, colher informações de Samarcanda ao longo da história. Foram considerados como referencial teórico aspectos da transdisciplinaridade de Nicolescu (2001) e D'Ambrósio (2012). Procurou-se apresentar um pano de fundo para a discussão de projetos sustentáveis e para o entendimento da estratégia chinesa, que propôs a reconstrução de parte das antigas rotas da seda. Entende-se que projetos que integrem múltiplas dimensões contribuem para uma formação humanista, crítica e reflexiva, buscada nos formandos nos cursos de engenharia.

Palavras-chave: educação gráfica; Inventor (Autodesk); moinho de água; Samarcanda; Rota da Seda.

Abstract

The aim of this study is to present an transdisciplinary purpose to be used in some disciplines such as Graphic Education in the mechanical engineering. It is presented the geometrical modeling water mill used on the paper manufacturing in a factory located in Samarkand, Uzbekistan. This study integrates Geometric Modeling (Software Inventor, of Autodesk), Technical Drawing (Extraction of quoted orthographic view, sectional drawing and mounting), Physics (Transformation of Potential hydro energy into mechanical energy), and History (the Silk Road). It was collected information throughout Samarkand's history from reports of those who had traveled to there. It was taken as reference, theoretical aspects of Nicolescu (2001) and D' Ambrósio (2012)'s transdisciplinary. It was offered a background to discuss about sustainable projects and to understand Chinese strategy which has proposed the reconstruction of part of the old Silk Road. It is understandable that projects that integrate multiple dimensions contribute to a humanistic, critical and reflective formation, sought for engineering graduated students.

Keywords: graphic education; Inventor (Autodesk); water mill; Samarkand; Silk Road.

¹ Doutora em Educação Matemática, UNIAN, São Paulo, Brasil, mariliavalrocha@gmail.com . ORCID: 0000-0002-7881-3146

1. Introdução

Este artigo apresenta uma proposta transdisciplinar voltada aos semestres iniciais nas Engenharias. Propõe a modelagem do moinho de água pertencente a uma fábrica de papel artesanal localizada nas proximidades de Samarcanda², no Uzbequistão (Figura 1). Em conjunto com os recursos tecnológicos e conceitos geométricos, propõe uma discussão sobre energias renováveis, e apresenta a história e impressões da cidade por meio de relatos de viagem. A literatura de viagem³ é fonte para a extração de sensações, percepções da experiência de religiosos, mercadores, guerreiros e viajantes comuns. “O viajante procura a diferença, não a semelhança. Registra o extraordinário, aquilo que o surpreende no Outro, que tão longe encontra” (LOPES, 2006).

Procurou-se fazer uma ligação entre o passado, ressaltando a importância da Rota da Seda⁴ no desenvolvimento da região, e o presente, apresentando as decisões da política externa da China, no século XXI, que busca a revitalização da região e o fortalecimento comercial.

A produção de papel segue as técnicas chinesas incorporadas ao conhecimento árabe a partir do séc. VIII e sua análise permite refletir sobre decisões econômicas sustentáveis alinhadas à criatividade.

Figura 1: Fábrica de Papel



Fonte: <https://www.quora.com/What-are-some-lesser-known-sights-to-see-when-visiting-Samarkand-Uzbekistan>

2. Revisão Bibliográfica

Na elaboração da proposta, realizou-se uma revisão bibliográfica que procurou identificar:

- a relevância da Rota da Seda na profusão do comércio e também das culturas, religiões e ciência;

² As atrações turísticas da região estão apresentadas no vídeo [2].

³ O gênero textual “literatura de viagem” compreende os relatos ficcionais e não ficcionais, que se apresentam em diferentes formas narrativas: cartas, relatórios, diários, tratados e memórias.

⁴ É provável que o termo Rota da Seda tenha sido, inicialmente, proposto pelo geógrafo alemão Rickthofen, em 1877.

- o domínio pelos árabes do processo milenar da fabricação de papel; e a instalação destas fábricas em regiões não chinesas;
- a citação da cidade de Samarcanda na literatura de viagem em diferentes épocas;
- o processo de fabricação manual do papel e seus aspectos sustentáveis: processo em si, a absorção de mão de obra local e os recursos oriundos do turismo;
- uma ética alinhada às preocupações de manutenção do planeta. Procurou-se um alinhamento entre a sustentabilidade nas obras de engenharia e uma ética da diversidade, conforme D'Ambrósio (2012); e
- as metas impostas pela China para o séc. XXI que buscam a reorganização de parte das antigas rotas comerciais, como meio de escoamento de seus produtos e de reafirmação do país no cenário internacional.

Os elementos colhidos neste levantamento reforçam a ideia de continuidade e necessidade de um olhar histórico para compreensão do presente.

Não há, na descrição do conhecimento – tanto o individual como o dos grupos e da humanidade como um todo – um começo, delineado e preciso, nem um fim. É tudo parte de um processo em que o passado e o futuro se encontram para determinar o instante (D'AMBROSIO, 2012, p. 20).

A partir desse levantamento, foi elaborada a dimensão histórica da proposta. Quanto à dimensão técnica, ao analisar o moinho de água, identificou-se a possibilidade de trabalhar os seguintes itens:

- exploração de um software de modelagem geométrica;
- estudo da Geometria das transformações; da tangência entre entes geométricos que possibilitam a integração de elementos físicos;
- elaboração das vistas ortográficas e secções, dimensionamento, elaboração de projeto; e
- transformação de energia potencial hídrica em mecânica.

Figura 2: Registan - Samarcanda



Fonte: <http://pt.euronews.com/2013/11/01/samarkand-e-a-rota-das-sedas>

Embora não tratado neste artigo, Samarcanda tem potencial para se trabalhar a dimensão religiosa e cultural a partir da análise da arquitetura do Registan⁵ (Figura 2), que é um conjunto de edificações em que estão presentes as muqarnas e os mosaicos⁶. Estas construções foram realizadas nos séculos XV e XVII e, na atualidade, fazem parte do cenário turístico da região [2].

2.1. A Rota da Seda

A Rota da Seda é uma denominação que abrange diversas rotas terrestres e marítimas em que circularam mais que mercadorias. Houve um intercâmbio de influências de natureza científica e tecnológica, linguística, artística, literária e religiosa. Ressaltam-se também as rotas africanas ou transaarianas que partindo do norte da África chegavam à Índia e China, por onde passavam ferro, metais preciosos e escravos.

As rotas (Rota Real, Rota do Incenso, Rota Iraque – Xian, Rota Marítima Hormuz – Goa e Rota das Estepes) foram se formando a partir do séc. VI a.C. Em períodos de paz e estabilidade foram organizadas e posteriormente, em período de conflitos, abandonadas ou transferidas para regiões mais estáveis.

A rota marítima portuguesa traçada no séc. XV, pelo Cabo da Boa Esperança até a Índia, diminuiu o papel da Ásia Central no comércio mundial. “Samarcanda, Bucara, Ferghana e Tashkent, as grandes cidades da Rota do Ouro, preservaram apenas o romance de seus nomes e a vaga lembrança de que, uma vez, há muito, elas tinham sido de alguma forma importantes” (LUNDE, 1988).

A nova rota da Seda (Figura 3) é um projeto de 2013 do presidente da China Xi Jinping denominado *One Belt and One Road*, ou seja, um cinturão (referindo-se às rotas terrestres) e uma rota/caminho (referindo-se às rotas marítimas). Esta iniciativa faz parte da política externa da China que busca protagonismo internacional no cenário econômico. A finalidade desse projeto é “[...] melhorar a conectividade entre países numa escala transcontinental, facilitando o comércio e investimentos e promovendo o crescimento econômico mundial (BARBOSA, 2019)”.

O acordo de cooperação incorpora as áreas de políticas públicas, finanças, cultura, comércio e infraestrutura. Desde 2013 vários países aderiram e os acordos passaram a incluir uma cooperação mais ampla (espacial, cibernética). A vertente da infraestrutura visa melhorar as condições chinesas e dos países vizinhos, fortalecendo esses parceiros (oleodutos, estradas, gasodutos, ferrovias, portos) e alterando o eixo econômico mundial para a Ásia com liderança chinesa.

De acordo com Barbosa (2019), em 2019 o projeto era integrado por 137 países, 29 organizações internacionais, totalizando 137 acordos de cooperação com a China. O projeto engloba “[...] mais de 30% do PIB global, cerca de 60% da população do planeta e 75% das reservas energéticas conhecidas”. Pequim teria investido cerca de US\$ 104 bilhões no período.

O custo do projeto está estimado em cerca de 26 trilhões até 2030, de acordo com Banco de Desenvolvimento Asiático.

⁵ O Registan é composto por três construções: Ulugh Beg Madraça, construído em 1417-1420 por Ulugh Beg (1394-1449) e funcionou como um centro de ciências islâmicas; e as madraças Sher-Dor (‘possuindo tigres’), construída entre 1619-1636, e Tilya-Kori (‘dourada’), construída entre 1646-1660. Ambas foram erguidas por Yalangtush Bahadur, governante de Samarcanda.

⁶ Estes temas foram abordados em (ROCHA, M.V., 2016) e (ROCHA, M.V., 2017).

Figura 3: *One Belt and road Initiative*

Fonte: <https://g1.globo.com/economia/agronegocios/noticia/2018/11/14/china-busca-diversificar-compra-de-graos-com-nova-rota-da-seda.ghtml>

A iniciativa prevê redução de tarifas alfandegárias, facilitando a troca comercial e o escoamento dos produtos chineses (rota de eletrônicos, do excedente de aço, divulgação da medicina chinesa). Próximo à antiga capital Xian, haverá uma zona de livre comércio e desenvolvimento tecnológico (LIY, 2017).

O presidente Xi Jinping afirmou que “[...] devemos instaurar uma nova postura nas relações internacionais, de mútua cooperação e benefícios compartilhados. [...] Este é um caminho de abertura para o mundo e não de isolamento” (CAMPOS, 2017). As regiões vizinhas, entre elas a cidade de Samarcanda, serão revitalizadas e mais uma vez poderá ser um próspero centro no Oriente.

2.2. Samarcanda

Os relatos da Idade Média são mesclados de realidade e imaginação (lendas, mitos). À medida que o outro é compreendido, o fantasioso é substituído por impressões, considerando a cultura e o olhar do observador. Em concordância quanto ao ponto de vista dos viajantes, entende-se “[...] que são os sistemas simbólicos de suas próprias culturas que condicionam e orientam os relatos dos viajantes” (MACEDO, 2011, p.23). Nesse sentido, é necessário relativizar os relatos citados nesse texto.

Samarcanda⁷, por seu lugar estratégico na rota da Seda (Figura 3), esteve como importante centro comercial em diversos períodos históricos. Conforme Bealby (2003), Alexandre o Grande (356 a.C. – 323 a.C.) teria dito que Samarcanda era ainda mais bela do que ele imaginava.

Quanto a Samarcanda, o texto, de 631, do monge Xuanzang (602-664) afirma que

A sua capital [da Sogdiana] tem mais de 20 li de perímetro (cerca de 10 km), excessivamente forte e com uma importante população. A terra tem um grande entreposto comercial, é muito fértil, abundam as flores e árvores e

⁷ A cidade é oriunda do agrupamento de Afrasiab, localizada ao norte dos limites atuais, e data do séc. VII a.C.

há muitos e belos cavalos. Os seus habitantes são artesãos hábeis e fortes. Todas as terras Hou (iranianos) consideram este reino como seu centro e fazem dele um modelo de suas instituições (Xuanzang, *apud* BEAL, 1884, cap. 8).

Com a ascensão do Islã, Samarcanda foi tomada pelo califado Omíada (661-750), em cerca de 710. Em 751, começou a fabricação de papel, sob o califado Abássida (750-1299). Um tratado de geografia, concluído em 982, de autor anônimo, comentando obras anteriores, descreve Samarcanda como “[...] uma cidade grande, próspera e muito agradável. É o balneário de comerciantes de todo o mundo. Tem uma cidade, uma cidadela e um subúrbio. [...] produz papel que é exportado para todo o mundo”. A respeito da região Soghd [Sogdiana], relata que “[...] não há lugar entre as regiões orientais mais florescente do que ela. Possui águas correntes, muitas árvores. E um bom clima. As pessoas são hospitaleiras e sociáveis” (MINORSKY, 1937, p.133).

Em 1218 houve a invasão mongol, comandada por Gengis Khan (1162-1227), que destruiu Samarcanda em 1220.

O muçulmano norte-africano Ibn Battuta (1304-1368) esteve em Samarcanda no ano de 1333 e afirmou que a cidade era “[...] uma das maiores e melhores cidades, e mais perfeita delas em beleza” (IBN BATTUTA, 2005, p.200). Ressaltou que os pomares eram irrigados por moinhos d’água.

Tamerlão⁸ (1336-1405) consolidou a região e construiu o império Timúrida⁹ na Ásia. Em Samarcanda propiciou um florescimento artístico, científico e arquitetônico.

Como Senhor da Ásia, Tamerlão precisava de uma cidade imponente para refletir seu poder, e depois de cada campanha vitoriosa na Pérsia e na Índia, coletou os melhores artistas e artesãos que conseguiu e os trouxe de volta para construir sua nova cidade [Samarcanda]. O que criaram não era persa nem indiano em conceito - nem foi modelado na velha Samarcanda. Em vez disso, construíram uma cidade possuindo uma nova e deslumbrante concepção tártara (FEENEY, 1984).

González de Clavijo e sua comitiva viajaram, entre 1403 e 1404. Chegando à Samarcanda, foram recebidos por Tamerlão que tinha 68 anos e morreria meses depois. Conforme Hoberman (1980), Clavijo constatou a presença de mestres artesões trazidos para Samarcanda, entre eles, tecelões de seda, arqueiros, armadores, sopradores de vidro, ceramistas, ourives e pedreiros, vindos de Damasco e Turquia. Atestou a variedade de mercadorias importadas de ‘países distantes e estrangeiros’ presentes nos mercados de Samarcanda: couro, linho, almíscar, pérolas, rubis e diamantes, especiarias ‘de tipos que não se encontram nos mercados de Alexandria’. Afirmou que a cidade era maior que Sevilha com uma população estimada em 150 mil habitantes, sendo eles, turcos, árabes e mouros de várias seitas: cristãos (gregos e armênios, católicos, jacobitas e nestorianos) e hindus. Clavijo complementou que a cidade “[...] é muito abastada de todas as coisas, assim como há pão, há vinho, carnes, frutas, aves e carneiro – muito grandes” (Clavijo, *apud* CARLUCCI, 2011, p.198).

Ulugh Beg (1394-1449), neto de Tamerlão, viveu em Samarcanda e foi responsável pela construção do Observatório em 1429, considerado referência da astronomia islâmica, o maior na Ásia Central.

⁸ De origem turco-mongol e muçulmano, viveu no Canato Chagatai, fragmentação do império mongol.

⁹ Seu império compreendia a Transoxiana, parte dos atuais Turquestão, Coração, Afeganistão, Paquistão, Pérsia, Iraque, Armênia e sul da Rússia.

A partir do início do séc. XVI, houve a ascensão de grupos que ficaram no poder, deixando a cidade, ora como capital, ora saqueada e em abandono até o começo do séc. XVIII.

Em 1868, Samarcanda ficou sob o domínio do império russo, como um centro administrativo na região, que recebeu o nome de Turquistão. Em 1886, Samarcanda tornou-se sua capital.

Em 1927, os soviéticos, após a revolução comunista de 1917, dividiram a região da Ásia Central que esteve sob domínio russo. Foram criadas repúblicas, entre elas, o Uzbequistão, em 1924. Entre 1925 e 1930, Samarcanda foi a capital da SSR Uzbeque, sendo substituída por Tashkent. A cidade manteve-se, posteriormente, como um centro comercial e turístico cujas obras do período de Tamerlão enriquecem o local e incentivam o turismo. Em 1991, a RSS Uzbeque teve sua denominação alterada para República do Uzbequistão, quando se tornou independente.

Na atualidade, Samarcanda:

[...] é abundante com avenidas de árvores e pequenas plataformas de chá - levantadas do chão debaixo das árvores, as vezes, construídas sobre córregos - com tapetes colocados sobre eles, onde os homens, em vestidos de seda fluindo, saboreiam seu chá verde uzbeque de tigelas de porcelana (FEENEY, 1984).

2.3. O Processo de Fabricação

A origem do termo resma¹⁰ evidencia a participação dos árabes na fabricação de papel, no caso, na difusão desse conhecimento chinês para a Europa. Conforme Bloom (1999), o historiador árabe Abd al-Malik al-Tha'alibi (961-1038), em sua obra *Book of Curious and Entertaining Information* afirma que:

[...] o papel é uma das especialidades de Samarcanda e parece melhor e é mais flexível, mais fácil de manusear e mais conveniente para a escrita do que papiro e pergaminho. [...] prisioneiros chineses capturados pelo comandante árabe Ziyad ibn Salih apresentaram a fabricação de papel a Samarcanda após a batalha de Talas em 751. [...] Em seguida, o papel foi fabricado em grande escala e passou para uso geral, até se tornar uma mercadoria de exportação importante para o povo de Samarcanda. [...] Seu valor foi universalmente reconhecido e as pessoas em todos os lugares o usaram (AL-THA'ALIBI, *apud* BLOOM, 1999).

Não é possível afirmar que a batalha de Talas, no atual Quirguistão, tenha sido marcante para a introdução da fábrica de papel em Samarcanda, uma vez que há evidências do uso do papel em Pendzhikent (500 quilômetros a leste de Talas) em cerca de três décadas antes dessa batalha. Mas, conforme Bloom (1999), há um consenso de que o papel tenha sido introduzido no Oriente Médio por meio da Ásia Central, espalhando-se pelo continente europeu.

Quanto ao processo em si, a fabricação de papel inicia-se pela extração das fibras de celulose de plantas, ou de trapos feitos de fibras vegetais. No caso da fábrica do Uzbequistão, é feita a extração da casca da amoreira (Figura 4a). Em seguida, as fibras são deixadas em água promovendo o inchaço (Figura 4b). Na sequência, são amalgamadas formando uma polpa por meio da força gerada pelo moinho (Figuras 4c-4d). A polpa é colocada em uma moldura

¹⁰ Ou rayme em francês, resma em espanhol, ream em inglês. Atualmente, a contagem de folhas de papel é feita por unidade e 500 unidades correspondem a uma resma (ou fardo).

retangular de bambu (Figura 4e), coberta por uma tela (esteira), para drenagem da água (Figura 4f). No processo de secagem (Figura 4g), as fibras são entrelaçadas por meio de ligações físicas e químicas responsáveis pela resistência do produto final (Figura 4h). O papel produzido em Samarcanda é empregado em artesanato oferecido aos turistas.

Observando o processo, nota-se a não agressão ao meio ambiente e uma fonte de geração de emprego para trabalhadores locais, sem mão de obra especializada e também uma oportunidade do desenvolvimento do turismo local.

Figura 4: Processo de fabricação do papel



(a) casca da amoreira



(b) polpa da casca da amoreira



(c) moinho de água



(d) movimento para amalgamar a polpa



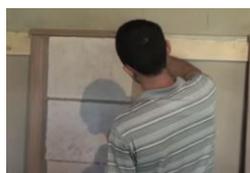
(e) moldagem da folha de papel



(f) folha de papel



(g) secagem da folha de papel



(h) produtos artesanais feitos de papel

Fonte: [1] <https://www.youtube.com/watch?v=BxOhKWt6yms>

3. Referencial Teórico

Nicolescu (2001) afirma que “[...] a visão transdisciplinar é deliberadamente aberta à medida que ela ultrapassa o domínio das ciências exatas pelo seu diálogo, e sua reconciliação não somente com as ciências humanas, mas também com a arte, a literatura, a poesia e a experiência interior”. A transdisciplinaridade¹¹ questiona a divisão acentuada das disciplinas que, com frequência, reforçam um saber fragmentado.

Considerando a pluralidade que envolve a atividade do engenheiro, que é ampliada, quando se acrescenta sua responsabilidade quanto à sustentabilidade do planeta e também considerando uma oportunidade de discutir a diversidade cultural, tanto no ponto de vista dos viajantes como também no entendimento do outro com diferentes religiões, culturas e manifestação artística, entende-se que esse projeto buscou sustentação teórica em aspectos da transdisciplinaridade.

D’Ambrósio (2012) propõe uma ética para nossos tempos, para uma sociedade científica e tecnológica: a ética da diversidade. D’Ambrósio (2012) afirma que, na prática, esta ética consiste no exercício permanente de uma crítica subordinada à própria sociedade científica e tecnológica.

Essa crítica é o exame de limitações e consequências da própria ciência e tecnologia, assim como de suas implicações sociais e ambientais. O exame de limitações e consequências, por sua vez, conduz ao relativismo cultural e à história do conhecimento, que se desenvolveu em função das características essenciais da espécie, que são a sobrevivência e a transcendência (D’AMBRÓSIO, 2012, p. 57).

Considerando a globalização, evidencia-se a urgência de uma educação multicultural e de uma ética da diversidade, composta de três princípios básicos que reforçam a centralidade do conceito de ‘identidade cultural’: “[...] o respeito pelo outro com todas as suas diferenças; a solidariedade com o outro na satisfação de necessidades de sobrevivência e de transcendência; e a cooperação com o outro na preservação do patrimônio natural e cultural comum” (D’AMBRÓSIO, 2012, p. 58).

A busca por projetos sustentáveis passa por conhecer os métodos disponíveis em épocas diferentes e procurar novos modelos de desenvolvimento, que considere as opções tecnológicas atuais e o todo.

A ética proposta respeita as diferenças comportamentais individuais e também a diversidade cultural. Sugere-se que, no decorrer da proposta, a questão da ética da diversidade seja apresentada a partir de uma reflexão sobre a relevância das atribuições do engenheiro em um mundo globalizado e com evidente esgotamento de recursos naturais. Finalizando, o autor reafirma o papel do educador: “[...] conscientizar a população, particularmente as novas gerações, para o fato de que o curso atual de desenvolvimento, visando à ampliação do parque industrial e à posse e ao acúmulo de bens materiais, é insustentável” (D’AMBRÓSIO, 2012, p. 120).

Após analisar a revisão bibliográfica, entendeu-se que o conhecimento da geração de energia sem o uso de combustíveis fósseis poderia ser um pano de fundo para analisar alternativas que considerassem um problema em seus múltiplos aspectos, e reforçassem a

¹¹ Uma abordagem transdisciplinar objetiva “[...] a compreensão do mundo presente, para o qual um dos imperativos é a unidade do conhecimento”. O prefixo ‘trans’ refere-se “[...] àquilo que está ao mesmo tempo entre as disciplinas, por meio das diferentes disciplinas e além de qualquer disciplina” (NICOLESCU, 2001, p. 35), e propõe uma educação que procura “[...] contextualizar, concretizar e globalizar”.

finitude dos recursos naturais, muitas vezes, ignorada por soluções que visem interesses financeiros imediatos. “O conhecimento e as ciências podem fornecer a criatividade e a tecnologia necessárias para se tomar ações reparadoras, redescobrimo-se a harmonia entre a natureza e a humanidade” (D’AMBRÓSIO, 2012, p.51).

4. Desenho Técnico e Física

O estudo do moinho d’água requereu uma análise inicial para a identificação das peças e suas dimensões, de maneira que o conjunto se tornasse funcional. Esse estudo foi feito a partir de um vídeo da fábrica de papel [1]. Imagens com detalhes do local estão apresentadas nas Figuras 4c e 4b.

A modelagem geométrica das peças (Quadro1) foi realizada com auxílio do software Inventor, da Autodesk®.

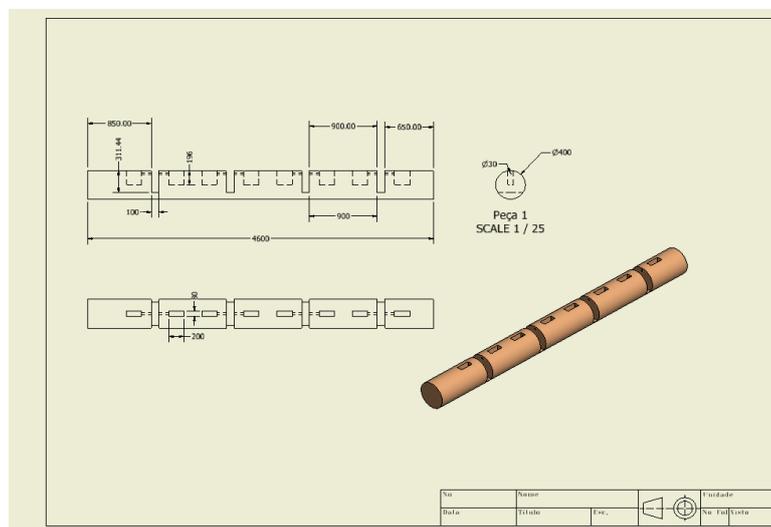
Quadro 1: Lista de Peças

Peça	Descrição
01	Tronco 1 (apoio)
02	Tronco 2 (roda)
03	Roda d’água
04	Batedouros
05	Apoio 1, do tronco 2
06	Apoio 2, do tronco 2
07	Piso interno
08	Piso externo

Fonte: Elaborado pela autora

Na sequência foram extraídas as vistas ortográficas cotadas de cada peça, exemplificadas na Figura 5.

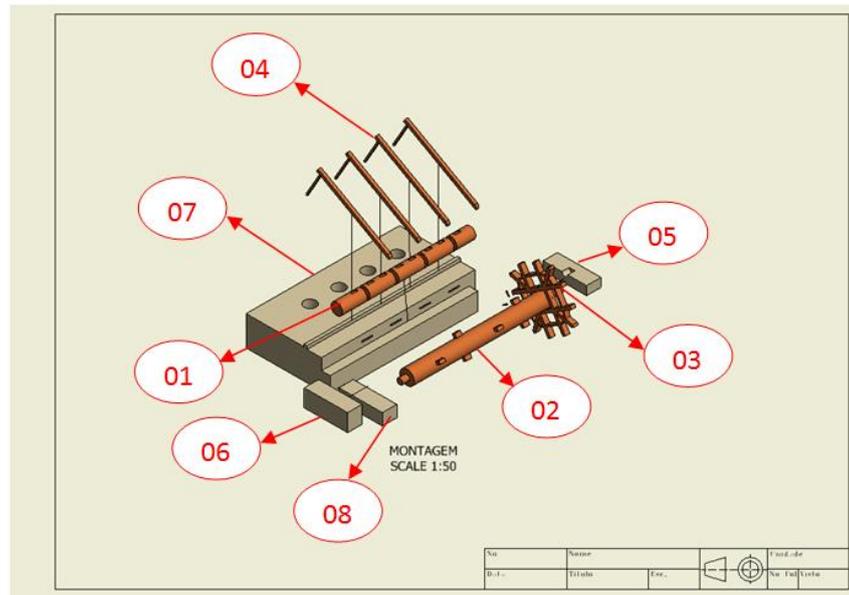
Figura 5: Vistas ortográficas cotadas



Fonte: Elaborado pela autora

A montagem do conjunto foi realizada após a modelagem de cada peça e pode ser observada a partir da vista explodida do conjunto (Figura 6). O movimento da roda d'água faz com que os detalhes do tronco acionem os batedouros criando a força necessária para amalgamar a pasta que dá origem ao papel. Esta montagem exige o uso de rotações e translações para posicionamento das peças.

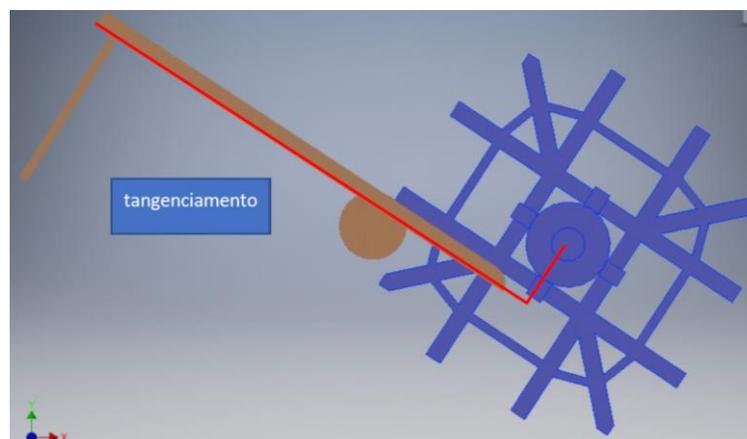
Figura 6: Vista Explodida



Fonte: Elaborado pela autora

A tangência entre elementos (Figura 7) é explorada na movimentação dos batedouros, gerada pelo movimento da roda d'água, permitindo a funcionalidade do moinho.

Figura 7: Tangência entre elementos

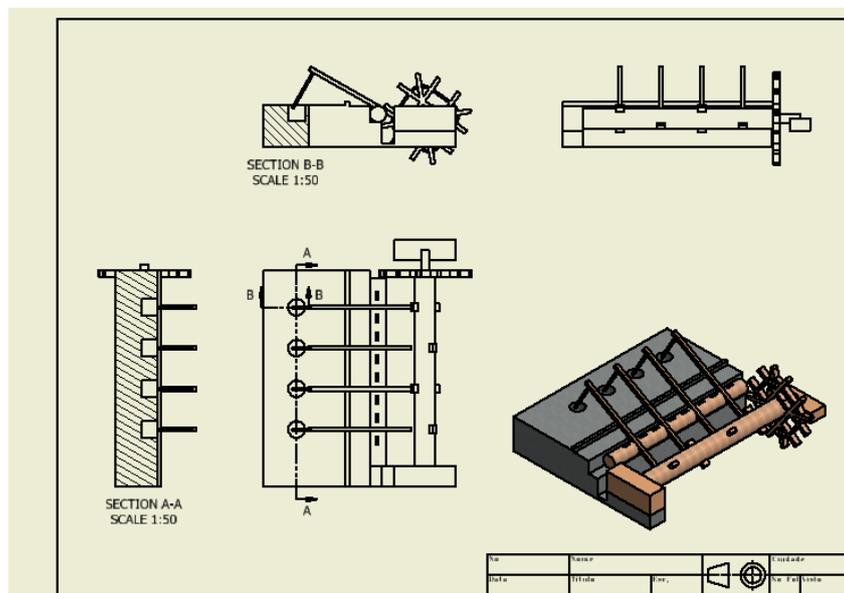


Fonte: Elaborado pela autora

A movimentação da montagem pode ser observada por meio da criação de uma simulação, que é um recurso disponível no software.

As vistas ortográficas e vistas em corte do conjunto foram extraídas automaticamente (Figura 8).

Figura 8: Modelagem geométrica do moinho de água



Fonte: Elaborado pela autora

Com o modelo é possível realizar o estudo do comportamento dos batedouros e da roda. O vídeo [1] permite a extração da rotação da roda e o número de batidas por segundo realizada por cada batedor.

Calculando o volume de um batedor e conhecendo a densidade do material utilizado na sua confecção, obtemos a sua massa. Com esses dados calcula-se o trabalho realizado e também a potência. É possível realizar uma comparação entre a eficiência de um batedor quando comparado com um pilão manual.

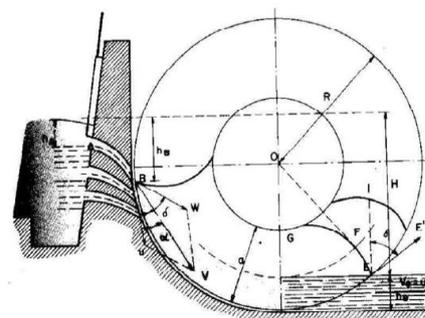
De acordo com Macintyre (1983) as rodas d'água são máquinas motrizes rudimentares e podem ser classificadas em Rodas de Cima, Rodas de Lado, Rodas de Baixo e Rodas flutuantes. Em particular o modelo estudado é uma Roda de Lado (Figura 1), pois a água motriz atua inicialmente em uma zona situada à altura do eixo ou acima, e age simultaneamente por peso e por velocidade. Os parâmetros para um bom rendimento desse tipo de roda estão apresentados na Figura 9.

No modelo estudado, considerando uma vazão média (em torno de 1,5 m³/s), é possível calcular a potência útil, adotando um valor para altura da queda d'água (em torno de 1,10m) e um rendimento médio de 0,80. Parte dessa potência útil gerada pela roda d'água é transferida para os batedouros, transformando energia hídrica em mecânica.

Entende-se proveitosa uma discussão no encerramento da proposta que sintetize os aspectos sustentáveis da experiência: o processo de fabricação do papel, a transformação de energia sem o uso de equipamentos elétricos, a ocupação de mão de obra local e a destinação do material fabricado.

Figura 9: Roda de Lado

Variável	Admissão na altura do eixo
H: altura da queda (m)	1,5 a 5 m
Q: vazão (m ³ /s)	até 3 m ³ /s
n: número de rotações da roda (rpm)	de 3 a 7 rpm
D: diâmetro da roda	5 a 8,5 m
η : rendimento da roda	0,7 a 0,85



Fonte: MACINTYRE (1983, p. 394-395)

Por certo que o estudo das rodas d'água não se esgota com esse exemplo, mas a intenção é proporcionar um conhecimento básico nos anos iniciais que contribua para o futuro dimensionamento e análise de viabilidade de uma roda d'água que poderá ser realizado no decorrer do curso.

5. Considerações Finais

Procurou-se apresentar o processo de fabricação do papel para propor uma reflexão sobre projetos sustentáveis. Desde o aproveitamento da casca da amoreira até os pigmentos naturais utilizados na coloração do papel, são processos que não agredem o meio ambiente. No Brasil, há tantos lugares que necessitam de um olhar, uma iniciativa que possa, por meio de cooperativas, trazer trabalho, dignidade, sustentabilidade e turismo à região.

Em conjunto com as habilidades técnicas do desenho foi proposta uma discussão sobre a responsabilidade de cada indivíduo e, em particular, da atividade profissional do engenheiro, na construção de uma sociedade global e consciente de suas responsabilidades para com o outro (espécies, ambientes ou ao outro social).

É necessário, portanto, facilitar o aparecimento de uma nova consciência, por meio da qual o homem possa encontrar a plenitude de seus direitos ligados à sua dignidade de ser vivo num quadro de solidariedade e responsabilidade que comprometam cada Estado, cada grupo social, cada indivíduo (D'AMBRÓSIO, 2012, p. 49).

Conforme Bueno (2011, p.33), a dinastia Han, no séc. I a.C. compreendeu “[...] a existência de um equilíbrio de forças entre as civilizações, do qual seu próprio poder dependia”. Como política interna tomou medidas para garantir o controle da região. Como política externa, procurou conhecer o outro e viabilizar uma rede para escoamento de suas mercadorias. Observa-se a semelhança com as decisões estratégicas atuais, com um potencial de desenvolvimento da China e das regiões vizinhas.

As diversas regulações proclamadas por Wu Di e por seus sucessores objetivavam construir uma estrutura produtiva capaz de gerar a maior quantidade possível de recursos negociáveis, beneficiando não só o Estado como todas as regiões submetidas ao poder direto do Império Chinês (MORTON, *apud* BUENO, 2011, p.33).

O breve relato sobre Samarcanda permitiu ressaltar a convivência entre diferentes

etnias e religiões, nem sempre pacífica, mas, que, inevitavelmente, propiciou uma diversidade cultural.

A nova Rota da Seda é um projeto em andamento que apresenta progressos e problemas de implantação, mas tem se confirmado nos últimos anos.

Após seis anos de sua criação, a nova Rota da Seda chinesa fez avanços notáveis, mas também acumulou polêmicas. A iniciativa ajudou a levar infraestrutura e investimentos necessários a muitas regiões do globo, facilitando a movimentação de mercadorias e pessoas. No entanto, críticas quanto à execução e sustentabilidade dos projetos, sua falta de transparência e os riscos de alto endividamento de alguns países parceiros expandiram-se e ganharam eco. Os chineses têm-se mostrado abertos a aprender com equívocos passados e dispostos a não cometer os mesmos no futuro. Entre erros e acertos, vão avançando. Xi Jinping deixou claro que a BRI [a nova Rota da Seda] veio para ficar (BARBOSA, 2019)

Finalizando, procurou-se enfatizar a relevância de um pensamento criativo transdisciplinar, pois “[...] queremos especialistas que usem lupa para explorar cantos específicos de uma foto, mas vejam primordialmente a imagem” (MACHADO, N.J., D'AMBRÓSIO, U., 2014, p.148).

Referências

BARBOSA, P.H.B. Nova Rota da Seda completa seis anos com mudanças à vista. **Le Monde diplomatique Brasil**. 17 Mai 2019. Disponível em <https://diplomatie.org.br/nova-rota-da-seda-chinesa-completa-seis-anos-com-mudancas-a-vista/>. Acesso em 10 Jan. 2020.

BEAL, S. **Buddhist Records of the Western World**. Tradução em inglês dos registros de viagem de Xuanzang. Cap. 8. 1884 Disponível em: <https://www.wisdomlib.org/south-asia/book/buddhist-records-of-the-western-world-xuanzang/d/doc220153.html> . Acesso em 10 Fev. 2018.

BEALBY J. **Silk Dreams, Thoubled Road**. Londres: Arrow books, 2003.

BLOOM, J. *Revolution by the Team. A History of Paper*. **Aramco World Magazine**. Mai.-Jun. 1999. Disponível em <http://archive.aramcoworld.com/issue/199903/revolution.by.the.team-a.history.of.paper.htm>. Acesso em 10 Jan. 2018.

BUENO, A. **Chineses, romanos e o sistema mundial**: os primórdios da Rota da Seda. In: MACEDO, J.R. Os viajantes medievais da rota da seda. Porto Alegre: UFRGS, 2011, p. 29-54.

CAMPOS, C. **China diz que iniciativa para infraestrutura na Eurásia é projeto do século**. Agência Brasil. 2017. Disponível em: <http://agenciabrasil.ebc.com.br/internacional/noticia/2017-05/china-diz-que-iniciativa-para-infraestrutura-na-eurasia-e-projeto-do>. Acesso em: 15 Jan. 2018.

CARLUCCI, F. **Recompondo Tamerlão e Samarcanda**: a embaixada castelhana de Ruy González de Clavijo (1043-1404). In: MACEDO, J.R. Os viajantes medievais da Rota da Seda. Porto Alegre: UFRGS, 2011, p. 193-207.

D'AMBRÓSIO, U. **Transdisciplinaridade**. São Paulo: Palas Athena, 2012.

FEENEY, J. Memories of Samarkand. **Aramco World Magazine**. Jul.- Ago. 1984. Disponível em <http://archive.aramcoworld.com/issue/198404/memories.of.samarkand.htm>. Acesso em 12 Jan. 2018.

HOBERMAN, B. A Giraffe for Tamerlane. **Aramco World Magazine**. Nov.-Dez. 1980. Disponível em <http://archive.aramcoworld.com/pdf/1980/198006.pdf>. Acesso em 5 Dez. 2017.

IBN BATTUTA. **A través del Islam**. Madri: Alianza Editorial, 2005.

LIY, M. C. **China apresenta sua nova e milionária Rota da Seda**. El País. 15 Mai 2017. Disponível em https://brasil.elpais.com/brasil/2017/05/13/internacional/1494692129_532492.html. Acesso em 10 Dez. 2017.

LOPES, P. Os livros de viagens medievais. **Medievalista on line**. Ano 2, n. 2, 2006. Disponível em <http://www2.fcsh.unl.pt/iem/medievalista/medievalista2/medievalista-viagens.htm>. Acesso em 15 Dez. 2017.

LUNDE, P. The Silk Roads: A History. **Aramco World Magazine**. Jul. - Ago. 1988. Disponível em <http://archive.aramcoworld.com/issue/198804/the.silk.roads-a.history.htm>. Acesso em: 14 Dez. 2017.

MACEDO, J. R. (org.) **Os viajantes medievais da rota da seda** (séculos V-XV). Porto Alegre: UFRGS, 2011.

MACHADO, N.J., D'AMBRÓSIO, U. **Ensino de matemática: pontos e contrapontos**. São Paulo: Summus, 2014.

MACINTYRE, A.J. **Máquinas Motrizes Hidráulicas**. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1983.

MINORSKY, V.V. **Hudud al-Alam: The Regions of the world: A Persian Geography**. 1937. Disponível em: <https://ia801605.us.archive.org/11/items/in.ernet.dli.2015.281514/2015.281514.Hudud-Al.pdf>. Acesso em: 10 jan 2018.

NICOLESCU, B. **Manifesto da transdisciplinaridade**. São Paulo: Triom, 2001.

ROCHA, M.V. Educação Gráfica e Corporeidade. **RBEG**, vol.4. n.1, 2016.

ROCHA, M.V. A Geometria do Mundo Islâmico: uma proposta transdisciplinar para a Engenharia Civil. **Malala**, vol.5, n.8, 2017.

Vídeos:

[1] Samarkand Paper Mill Part 1. **UNESCO World Heritage**. 2012. Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=BxOhKWt6yms>.

[2] Samarkand Uncovered – Uzbekistan life. **Euro News**. 2014. Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=Z1cPBxqG4kM>.

