



Oliver Thiel, Joel Josephson & Piedade Vaz Rebelo

# Autómatos para STEM

## Guia passo a passo para professores/as



**AutoSTEM**

AutoSTEM / 2018-1-PT01-KA201-047499

O projeto AutoSTEM foi cofinanciado com o suporte da Comissão Europeia. O apoio da Comissão Europeia à produção desta publicação não constitui um aval do seu conteúdo, que reflete unicamente o ponto de vista dos autores, e a Comissão não pode ser considerada responsável por eventuais utilizações que possam ser feitas com as informações nela contidas.



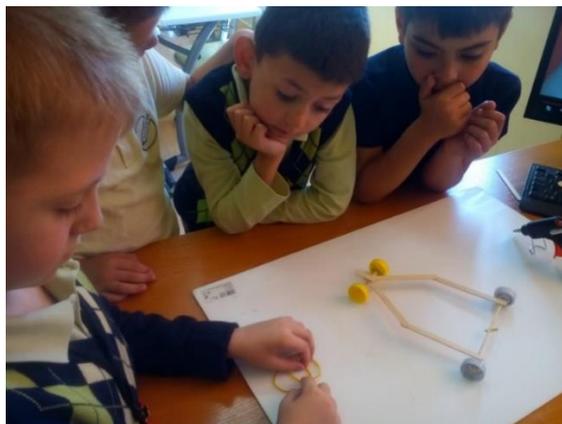
## 1 Introdução

O objetivo do projeto **AutoSTEM** é investigar como os autómatos podem enriquecer o brincar das crianças e promover a motivação pelas áreas de ciências, tecnologia, engenharia e matemática (CTEM, em inglês STEM, e será esta a sigla usada neste texto, tendo em conta a designação do projeto).

O projeto visa proporcionar a educadores de Infância, professores do ensino básico e outros profissionais envolvidos na educação de crianças, ferramentas e recursos que permitam implementar abordagens pedagógicas simples, replicáveis e relevantes em termos de:

- 1) promoção da motivação para STEM,
- 2) promoção do desenvolvimento do pensamento criativo, de competências de resolução de problemas e de compreensão,
- 3) conscientização cultural e de valores transversais, como a reciclagem.

Neste documento, numa primeira parte, são apresentados os conceitos de autómato e de STEM (parágrafo 2 na página 3). Segue-se a descrição do quadro de referência teórico (parágrafo 3 da página 6) e conceitos pedagógicos (parágrafo 4 da página 8). Por fim, apresentam-se conceitos-chave para a construção de autómatos (parágrafo 5 da página 17).



*Figura 1: Os autómatos promovem o pensamento criativo e a resolução de problemas*

## 2 Autómatos para STEM

### 2.1 Aprendendo com recurso a autómatos

Os autómatos são brinquedos mecânicos fascinantes, pequenas esculturas de Arte Cinética. Os autómatos podem ser vistos como uma fusão entre engenharia, consciência cultural e expressão artística. Tal como outros artefactos manuais, os autómatos são projetados como dispositivos de comunicação centrados na criança e podem ser definidos como “objetos mecânicos que contam histórias”. Os autómatos fascinaram as crianças ao longo dos tempos e hoje existem museus apenas de autómatos.

Devido à combinação de partes narrativas e mecânicas, os autómatos têm várias possibilidades de uso na educação. Além de serem muito apreciados pelas crianças, são fáceis de criar na aula. Os autómatos podem ser construídos de acordo com a idade das crianças, com projetos e movimentos simples ou complexos.

Ao planear e construir um autómato, as crianças podem desenvolver diferentes competências, incluindo resolução de problemas, trabalho em grupo, criatividade, além de explorar conteúdos STEM.

### 2.2 STEM

A Fundação Nacional para a Ciência dos EUA propôs o acrónimo STEM, em 1990, em referência a conceitos de ciência, tecnologia, engenharia e matemática (Sanders, 2009).

Há diferentes definições de STEM (cf. Figura 2). Na maioria dos relatórios nacionais e internacionais, STEM é geralmente equiparado a 'ciência'. Neste contexto, ciência diz respeito a 'todas as ciências exatas, ciências da vida, ciência da computação e tecnologia e [...] inclui a matemática - disciplinas comumente ensinadas em escolas primárias e secundárias na maioria dos países europeus' (European Commission, 2007, p. 5). Isto significa que STEM pode referir-se às várias áreas do conhecimento abrangidas pelo acrónimo (❶ na Figura 2). Por outro lado, STEM pode ser usado para descrever abordagens interdisciplinares que estabeleçam ligações entre algumas das quatro disciplinas (❷ na Figura 2). Por vezes, abrange também uma visão integrada de educação STEM (❸ na Figura 2, cf. Rosicka, 2016, p. 4). Este assunto continua, no entanto,



a ser uma fonte de ambiguidade entre os profissionais, particularmente na área da educação.

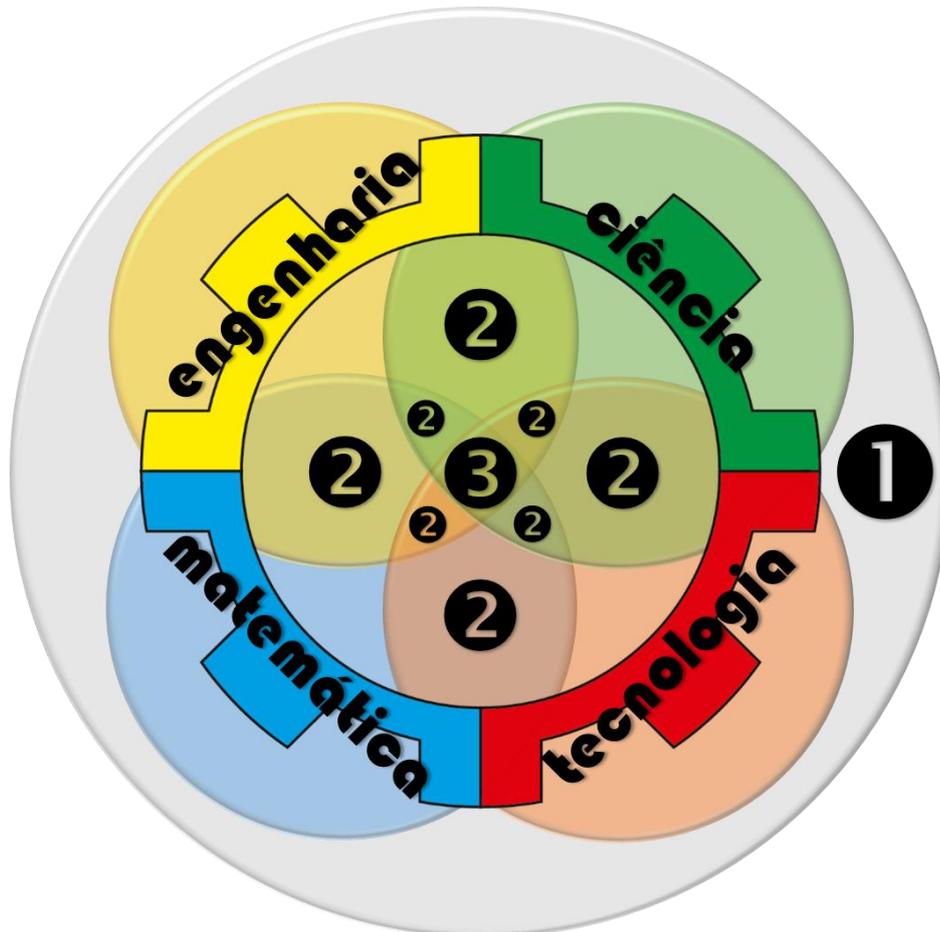


Figura 2: Diferentes definições de STEM

O projeto **AutoSTEM** promove uma abordagem interdisciplinar. Isto significa que cada autómato permite à criança, não apenas experienciar uma ou mais áreas STEM, mas também descobrir ligações e conexões entre as diferentes disciplinas. Assim, **AutoSTEM** é perspectivado na "interseção" de ciência, tecnologia, engenharia e matemática.

'Quando a educação STEM é perspectivada na "interseção" de ciência, tecnologia, engenharia e matemática, o seu significado expande-se para se referir a uma rutura com o ensino "tradicional". Uma educação STEM integrada geralmente implica ensino multidisciplinar e é direcionada para o desenvolvimento, nos alunos,

de competências de contextualização e de resolução de problemas, bem como da sua capacidade de contextualizar conceitos científicos em situações da vida real. Nesta perspetiva, a educação STEM não é definida em termos de rutura com as disciplinas tradicionais, mas antes como uma rutura com o ensino tradicional, no qual as aulas estão focadas em desenvolver conteúdos específicos, por parte do/a professor/a, e na aquisição de conhecimento, por parte dos alunos” (European Schoolnet, 2018, p. 6).

A Finlândia usa uma abordagem ainda mais holística de STEM. Os/as estudantes usam a investigação e a pesquisa na sua aprendizagem. Isso permite-lhes aplicar o que aprenderam de forma integrada (Geller, Neumann, Boone, & Fischer, 2014). Esta abordagem requer que os/as professores/as sejam explicitamente formados/as em como trabalhar com grupos de resolução de problemas na educação STEM (Schleicher, ed., 2012).

As experiências de aprendizagem das crianças afetam o seu sucesso académico posterior (por exemplo, Campbell, Pungello, Miller-Johnson, Burchinal e Ramey, 2001; Hadzigeorgiou, 2002). Existem muitos estudos que mostram que as experiências matemáticas, no início da infância, são um forte preditor de sucesso, não apenas nas futuras aprendizagens de matemática, mas também em outras disciplinas e na própria vida (Carmichael, MacDonald e McFarland-Piazza, 2014; Duncan et al., 2007; Geary et al., 2013). Embora existam menos estudos sobre as outras disciplinas STEM, isso também poderá ocorrer nas áreas STEM, em geral. Assim, experiências apropriadas de STEM durante a primeira infância podem ser pontos de partida para promover o sucesso subsequente das crianças, em STEM e outras áreas, nos níveis primário, secundário e pós-secundário. As competências em STEM são de crescente importância num mundo onde o ritmo de mudança e a necessidade de avanços tecnológicos se tornaram críticos para a nossa sobrevivência.



## 3 Enquadramento teórico

### 3.1 Pedagogia do brincar (Play-based pedagogy)

No projeto **AutoSTEM**, usamos uma pedagogia relacional baseada no brincar (Hedges & Cooper, 2018) e um conceito de aprendizagem dinâmica (Broström, 2017). De acordo com Friedrich Fröbel (1887, p. 57), o fundador dos jardins de infância, brincar é "a melhor expressão do desenvolvimento humano na infância, pois só é a livre expressão do que há na alma de uma criança". Lev Vygotsky (1978, p. 102) apoiou esta visão, afirmando: "Ao brincar, uma criança desenvolve-se sempre além da sua idade média, acima do seu comportamento diário" e "Brincar leva sempre a um nível de desenvolvimento mais avançado". Isso significa que as crianças exploram a sua 'Zona de Desenvolvimento Proximal' (ZDP) quando brincam, mas isso só acontece quando o ambiente que envolve a brincadeira desafia as crianças a passar a sua ZDP (Van der Veer e Valsiner, 1991). Deste modo, os/as educadores/as de infância e professores/as dos anos iniciais de escolaridade desempenham um papel crucial. A sua tarefa é desafiar as crianças e incentivá-las a criar novos significados e entendimentos (Broström, 2017).

Essa abordagem é centrada na criança, mas não totalmente direcionada para a criança. Centrar-se na criança significa "ênfatisar a importância de ensinar conceitos académicos de uma maneira envolvente e apropriada para o desenvolvimento, expandindo os interesses das crianças e utilizando estratégias baseadas em brincadeiras que correspondam às suas habilidades" (Pyle & Danniels, 2017, p. 286). A pedagogia baseada no brincar, juntamente com o seu método "brincar guiado", é um meio termo entre instrução direta e brincadeira livre. Combina exploração e autonomia, por parte da criança, com os melhores elementos da instrução guiada pelo/a professor/a (Weisberg et al., 2016, p. 177). Já foi demonstrado que o brincar guiado ajuda as crianças a compreender melhor conceitos académicos, quando comparado com a instrução direta (Han et al., 2010; Stipek et al., 1995) ou o jogo livre da criança, sozinha (Chien et al., 2010; Honomichl & Chen, 2012).

### 3.2 Brincar guiado

Existem duas formas do brincar guiado (Weisberg et al., 2016). Ambas podem ser usadas ao trabalhar com autómatos.

- 1) Uma das formas começa com o brincar livre da criança. O/a professor/a observa as atividades dirigidas à criança e potencia essa brincadeira, fazendo comentários, encorajando a criança a formular perguntas e a expandir os seus interesses. Por exemplo, O/a professor/a pode apresentar o Carro Balão depois de perceber que as crianças gostam de brincar com carros.
- 2) Na segunda forma de brincar guiado, o/a professor/a cria um cenário focado em um objetivo de aprendizagem. Em contraste com a instrução direta, garante que as crianças tenham autonomia para explorar os conceitos académicos pela sua própria maneira, dentro de um ambiente determinado. Exemplos dessa abordagem no AutoSTEM são a Máquina-que-volta-sempre e o cenário do Rio Nilo.

Em ambas as situações, os/as professores/as atuam como 'comentadores, jogadores, questionadores, ou exemplos de novas formas de interagir com os materiais envolvidos' (Pyle & Danniels, 2017, p. 275), a fim de aprimorar as experiências de aprendizagem das crianças enquanto 'estas direcionam a sua própria aprendizagem dentro do contexto lúdico estabelecido' (ibid.). Isso garante que a aprendizagem baseada no brincar seja uma aprendizagem contextualizada.



Figura 3: Brincar é a expressão mais alta do desenvolvimento humano na infância



## 4 Conceitos pedagógicos

### 4.1 Etapas para implementar AutoSTEM

Um projeto **AutoSTEM** geralmente possui três fases gerais.

- 1) Em primeiro lugar, o/a professor/a observa as crianças, a fim de identificar o que capta a sua atenção e corresponde aos seus interesses. O/a professor escolhe um autômato que satisfaça a curiosidade das crianças.
- 2) Na segunda fase, o/a professor/a apresenta o autômato para as crianças. Isso pode ser feito de três maneiras diferentes;
  - a) O/a professor/a apresenta um autômato diretamente relacionado com brincadeiras naturais das crianças (por exemplo, o Eco-carro). As crianças são inspiradas a fazer seus próprios autômatos. Enquanto estão envolvidos no trabalho prático, o/a professor/a monta e apresenta os conceitos STEM necessários para concluir a tarefa.
  - b) O/a professor/a apresenta um cenário (por exemplo, o cenário do rio Nilo) que incorpora um ou mais autômatos. Ao interagir com o cenário, as crianças descobrem um autômato e isso capta o seu interesse e leva-as a quererem fazer o seu próprio. Enquanto estão envolvidos no trabalho prático, o/a professor/a monta e introduz conceitos de STEM relacionados ao contexto do cenário e à construção do autômato.
  - c) O/a professor/a apresenta um autômato com um movimento surpreendente, mas que possui um mecanismo oculto (por exemplo, a Máquina-que-volta-sempre). Geralmente, é um autômato muito complicado para as crianças construírem sozinhas. Isso leva as crianças a começarem imediatamente com a terceira fase.
- 3) Na terceira fase, as crianças brincam com os autômatos à sua maneira e exploram, descobrem e experimentam os conceitos de STEM enquanto o fazem. Algumas crianças serão inspiradas a projetar seus próprios autômatos, adaptando e modificando o protótipo.

### 4.2 Atividades da criança

Para fazer um autômato, as crianças precisam seguir uma série de atividades que promovem a aquisição de competências. Estas

competências são (1) observar e analisar, (2) planejar, (3) experimentar e construir, (4) brincar e (5) refletir.

#### **4.2.1 Observar e analisar autómatos**

O ponto de partida para o trabalho com autómatos na sala de aula é a observação e análise de um autômato. As crianças observam o movimento do autômato e exploram os mecanismos para descobrir e entender como funciona.

#### **4.2.2 Planejar o seu próprio autômato**

Antes que as crianças possam construir os seus próprios autómatos, precisam de planejar o autômato que pretendem construir. Isso começa com a definição dos materiais, cores e tamanho. Este processo continua identificando, procurando e coletando os materiais (por exemplo, materiais reciclados). Finalmente, as crianças precisam de projetar os mecanismos e o processo de construção. A forma como isto é concretizado numa abordagem exploratória e direcionada à criança depende da idade e maturidade das crianças.

#### **4.2.3 Experienciar áreas STEM durante a construção do autômato**

A parte mais envolvente, motivadora e interessante do projeto é a construção dos autómatos. Ao construir os autómatos, as crianças podem ter muitas experiências com os conceitos e ideias de STEM. O/a professora apoia este processo através de uma estratégia de *scaffolding* e consciencializando as crianças sobre o conteúdo STEM.

#### **4.2.4 Brincar com os autómatos**

Brincar com os autómatos é importante em muitos aspetos. Uma motivação para construir o autômato é o desejo de brincar com o mesmo, depois. Como mencionado anteriormente, o brincar é "a expressão mais elevada do desenvolvimento humano na infância" (Fröbel, 1887, p. 57) e "leva a um nível de desenvolvimento mais avançado" (Vygotsky, 1978, p. 102). Ao brincar com o autômato, este torna-se importante para a criança. Ela coloca-o em um contexto, explora as suas propriedades, movimentos e relações com o meio ambiente e a história. O contexto pode estar



diretamente relacionado com um determinado cenário e enredo, ou ser imaginado livremente pela criança. De qualquer forma, as crianças terão experiências com conteúdos STEM por causa do contexto STEM ao qual o autómato está relacionado e porque o jogo em si é uma das seis atividades matemáticas fundamentais (Bishop, 1988, p. 183).

#### **4.2.5 Refletir sobre o trabalho desenvolvido**

Ao interagir com o ambiente, os autómatos, o cenário, a história e a sua fantasia, as crianças entram em contacto com conceitos e conteúdos STEM. No entanto, a experiência por si só não leva à aprendizagem. Não basta apenas ter experiências. As crianças precisam de refletir acerca das suas experiências, porque a reflexão direciona a experiência para a aprendizagem e para uma compreensão mais profunda. Segundo John Dewey (1933, p. 17), a reflexão 'emancipa-nos de atividades meramente impulsivas e meramente rotineiras [...] Converte ações meramente apetitivas, cegas e impulsivas em ações inteligentes' e 'confere ao indivíduo um poder aumentado de controlo' (ibid., p. 21).

### **4.3 Papel do/a professor/a**

#### **4.3.1 Identificar a Zona de Desenvolvimento Proximal da criança**

Como mencionado anteriormente (cf. passo 1 no parágrafo 4.1), os projetos de educação infantil devem sempre começar de acordo com os interesses e a iniciativa das crianças. Assim, a primeira tarefa do/a professor/a é observar as crianças para descobrir o que chama a sua atenção e qual é o seu conhecimento já adquirido, neste campo de interesse. Isso significa que o/a professor/a precisa de identificar a Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) das crianças.

#### **4.3.2 Formular objetivos de aprendizagem**

Existem duas abordagens diferentes para a educação infantil (OCDE, 2006). Nos países nórdicos e em vários países da Europa Central, encontramos uma abordagem de pedagogia social. É centrada na criança e holística, enfatizando os conceitos de cuidar, brincar, relacionamentos, atividade e desenvolvimento, e

vê as crianças como agentes da sua própria aprendizagem. Em outros países, encontramos uma abordagem de educação infantil que se concentra no ensino, aprendizagem, currículo, conteúdo, metodologia e alfabetização e numeracia emergentes (Broström, 2017). Os/as professores/as que seguem a abordagem da educação infantil precisam identificar metas de aprendizagem para cada aula que ensinam. Os currículos que seguem a abordagem da pedagogia social não estabelecem metas de aprendizagem para as crianças. Têm apenas objetivos para os/as professores/as, por exemplo o currículo norueguês de *Early Childhood Education and Care* (ECEC) afirma que "os jardins de infância devem permitir que as crianças [...] façam construções a partir de diferentes materiais e explorem as oportunidades oferecidas por ferramentas e tecnologia" (Ministry of Education and Research, 2017, p. 52). No entanto, Gunnestad (2019, p. 95-96) mostra que esses objetivos estão implicitamente relacionados com os objetivos de aprendizagem das crianças. Assim, mesmo seguindo uma abordagem de pedagogia social, ao planejar uma atividade para as crianças, o/a professor/a deve escolher uma meta de aprendizagem. Por exemplo, o objetivo 'permitir que as crianças façam construções' está relacionado com habilidades específicas do sujeito, ou seja, conhecimento processual (Krathwohl, 2002), por exemplo, 'a criança é capaz de construir um braço de tesoura'. A mesma atividade, no entanto, pode ser usada para desenvolver também o conhecimento conceitual das crianças, por exemplo, 'a criança entende os conceitos de contração e expansão'.

### 4.3.3 Planejar a atividade

Como já foi referido (cf. parágrafo 4.1), há várias formas de começar uma atividade **AutoSTEM**. Independentemente da abordagem escolhida, a atividade deve ser planeada. No que diz respeito à construção do autômato, o/a professor/a deve escolher uma abordagem pedagógica adequada às crianças e que atenda às metas de aprendizagem. As duas abordagens mais relevantes são a aprendizagem baseada na investigação e a instrução direta.

Ao adotar uma abordagem baseada em perguntas, o/a professor/a mostra um autômato às crianças. As crianças observam o seu movimento e formulam hipóteses sobre como o movimento é possível. Depois, testam as suas hipóteses, construindo os seus



próprios mecanismos que, eventualmente, mostram o mesmo movimento. Uma pré-condição para essa abordagem é que a compreensão do mecanismo esteja dentro da ZDP das crianças. Isso significa que as crianças precisam de algum conhecimento de base e experiências anteriores com mecânica.

Para crianças mais novas, o/a professor/a provavelmente escolherá a instrução direta como a abordagem mais adequada. Fazendo isso, o/a professor/a começa introduzindo objetos individuais que originam movimento e, em seguida, guia as crianças para a construção do autômato, de acordo com o movimento pretendido. Mesmo que o/a professor/a use instruções diretas para orientar as crianças na construção do autômato, estas experimentarão os conceitos e ideias de STEM de uma maneira baseada em perguntas (ver parágrafo 4.3.5).

#### **4.3.4 Apoiar a produção do autômato**

Independentemente da abordagem pedagógica escolhida, o/a professor/a deve ajudar as crianças durante o trabalho de construção - tanto física quanto intelectualmente. Autômatos diferentes requerem habilidades motoras diferentes. Quanto mais novas forem as crianças, mais ajuda física precisam. Além disso, o/a professor/a deve ajudar as crianças a refletir e pensar sobre os conceitos STEM, a fim de encontrar um mecanismo útil para o movimento que pretendem realizar. Wood, Bruner e Ross (1976) chamam esse suporte de '*scaffolding*'. *Scaffolding* 'refere-se às medidas tomadas para reduzir os graus de liberdade na realização de alguma tarefa, para que a criança se possa concentrar na difícil habilidade que está no processo de aquisição' (Bruner, 1978, p. 19).

Bruner escolheu o termo "*scaffolding*" para enfatizar que esse é apenas um quadro de apoio. Não resolve o problema para a criança. *Scaffolding* é uma interação estruturada entre o/a professor/a e a criança que ajuda a criança a alcançar um objetivo específico quase por si própria. O objetivo é permitir que a criança alcance níveis mais altos de desenvolvimento. Assim, *scaffolding* está fortemente relacionado com a ZDP de Vygotsky.

### 4.3.5 Relacionar o processo de construção com conteúdos STEM ou outros assuntos

Todos os autómatos que apresentamos no projeto **AutoSTEM** podem ser usados como uma ferramenta para o ensino de conteúdos STEM de disciplinas como matemática, física e biologia. Alguns conteúdos estão relacionados com o processo de construção, outros com a análise do mecanismo e outros aparecem quando as crianças brincam com o autómato acabado.

Além disso, alguns autómatos também podem ser usados para trabalhar em outros assuntos, por exemplo, literatura ou línguas estrangeiras.

### 4.3.6 Trabalhar com um cenário ou uma história

Conforme introduzido na etapa 2b do parágrafo 4.1, os autómatos podem ser integrados num cenário ou história. Os/as professores/as que desejam fazê-lo precisam de escolher um cenário ou uma história que atenda aos interesses das crianças e que esteja relacionada com o autómato e os conteúdo STEM escolhidos. A diferença entre um cenário e uma história é que um cenário é apresentado com recurso a uma instalação cénica, enquanto uma história é apresentada apenas oralmente ou com o suporte de imagens. O cenário pode ser preparado pelo/a professor/a ou desenvolvido em conjunto com as crianças. Neste último caso, a construção do cenário pode começar a partir de uma história e deve ser orientada pelo/a professor/a.

### 4.3.7 Obter feedback

A avaliação contínua é uma parte essencial de todo o projeto. Durante todo o período do projeto, o/a professor/a perguntará: 'Onde estamos?', 'Onde devemos estar?' e 'Como podemos voltar ao bom caminho?' (Lewis, 2000, p. 185). A avaliação permite ao/a professor/a acompanhar o progresso da aprendizagem das crianças e saber quando as metas de aprendizagem são alcançadas. Para obter esse *feedback*, o/a professor/a pode usar a observação informal e 'narrativas de aprendizagem' para documentação (Carr & Lee, 2012). Durante a observação, o/a professor/a tira fotos e escreve anotações. Depois, o/a professor/a cria uma narrativa, lê a narrativa para a criança e partilha-a com a família da criança. Os principais elementos de uma narrativa de



aprendizagem são a interpretação do/a professor/a sobre o envolvimento, intencionalidade, relacionamentos, competências e disposições de aprendizagem da criança, como coragem, curiosidade e perseverança. As crianças devem ser vistas como 'comunicadores habilidosos, especialistas em suas próprias vidas, detentores de direitos e criadores de significado', bem como 'agentes sociais que são "seres" em vez de "projetos' (Clark & Moss, 2011, p. 6 e 8). Portanto, uma narrativa de aprendizagem destaca o que as crianças podem e estão a fazer, e não o que não podem fazer.

Os materiais desenvolvidos pelo projeto **AutoSTEM** incluem guiões de observação, de entrevista, questionários. Estes recursos podem ser usados para obter *feedback*. Durante a fase piloto do projeto **AutoSTEM**, agradecemos que partilhasse connosco a sua experiência de implementação do projeto. Esta partilha permitirá continuar a desenvolver e melhorar os recursos desenvolvidos.

#### 4.4 Uma abordagem interdisciplinar para aprender STEM com recurso a autómatos

Trabalhar com autómatos permite que as crianças explorem conceitos, ideias e tópicos de diferentes áreas STEM. No parágrafo 2.2 foi já referido que se pretende promover uma abordagem interdisciplinar. Informações detalhadas sobre os conteúdos STEM envolvidos são fornecidas nos documentos de cada autómato e de cada cenário. A seguir, apresenta-se, uma visão geral de conteúdos possíveis, mas esta lista não é exaustiva. A Figura 4 representa essa visão geral.

##### 4.4.1 Tecnologia

Uma definição de tecnologia comumente aceite é a proposta pelo sociólogo americano Read Bain (1937, p. 860), que escreveu: 'A tecnologia inclui todas as ferramentas, máquinas, utensílios, armas, instrumentos, habitações, roupas, dispositivos de comunicação e transporte e as habilidades pelas quais nós as produzimos e usamos.' Como os autómatos são máquinas simples, são tecnologia por definição. Trabalhar com autómatos ensina às crianças habilidades sobre como produzir máquinas tão simples.

### 4.4.2 Matemática

Para estruturar o conteúdo de matemática, foram usadas as seis atividades matemáticas fundamentais propostas por Bishop: localizar, projetar, contar, medir, explicar e brincar (Bishop, 1988).

-  **Localizar:** Relações espaciais (esquerda, direita, frente, traseira, superior, inferior, na frente, atrás, interior, exterior, ao longo, para cima, para baixo, para fora, para dentro...) e imaginação espacial (para visualizar como é que as peças se encaixam).
-  **Projetar:** Formas (círculo, triângulo, retângulo, quadrado...) e suas propriedades (redonda, pontiaguda, oblonga, simétrica, canto, lado...).
-  **Contar:** Cálculo, usando objetos para registrar, comparar e ordenar fenômenos discretos, e usando quantificadores (cinco palitos de madeira, quatro tampas de garrafas, três canudos, dois espetos).
-  **Medir:** 'Palavras relativas a medida' (longas, curtas, altas, baixas, largas, estreitas), comparação e ordenação (mais longas, mais curtas, tão longas como, duas vezes mais longa), usando partes do corpo como unidades de medida (largura dos dedos, largura, pé) e usando dispositivos de medição padrão, como régua.
-  **Explicar:** Encontrar formas de explicar a existência de fenômenos científicos (Por que é que as rodas são redondas? Como é que um elástico ou um balão podem fazer andar um carro? Por que é que o braço da tesoura estica? Evidentemente, isto é importante para toda a ciência, não apenas na matemática).
-  **Brincar:** Modelos, regras, procedimentos, estratégias, raciocínio hipotético e previsão.

### 4.4.3 Ciência

#### Biologia/Zoologia

Alguns dos autómatos estão diretamente relacionados com animais e podem ser usados para ensinar biologia.

-  **Jellybird:** Partes do corpo dos pássaros, como os pássaros voam, formas das asas, chilrear, bandos.



 **Elefante falador:** Partes do corpo, características físicas (pele, nariz), movimento, hábitos alimentares dos elefantes.

 **Tesoura:** Crocodilos, dinossauros, hipopótamos...

**Sustentabilidade** e proteção do **ambiente** são outros tópicos interessantes relacionados com a biologia.

### Física

Como os autómatos são brinquedos mecânicos, trabalhar com autómatos envolve experiências com fenômenos e conceitos de física. Alguns autómatos (como por exemplo o *Eco-carro*, a *Turbina Eólica* e a *Máquina-que-volta-sempre*) são projetados com um foco especial em conceitos específicos de física.

 **Energia:** elástica, potencial, cinética, energia térmica, trabalho, conservação de energia

 **Força:** fazer trabalho aplicando forças, fricção, alavancas

 **Massa:** peso, centro de massa, equilíbrio, gravidade

### Geologia

Podem ser considerados diferentes conteúdos de geologia, especialmente quando se usam cenários.

#### 4.4.4 Engenharia

A palavra engenharia deriva do substantivo latino 'INGENIUM', que significa dom, talento, aptidão e habilidade, ou do verbo latino 'INGENERE' ou 'INGENERARE', o que significa infundir, implantar e inspirar. De acordo com o *Engineers' Council for Professional Development* (1947), engenharia é a aplicação criativa de princípios científicos para projetar ou desenvolver estruturas, máquinas, aparelhos, processos de fabricação ou trabalhos, utilizando-os isoladamente ou de forma combinada; construir ou operar o mesmo com pleno conhecimento de seu *design*; prever o seu comportamento sob condições operacionais específicas; tudo o que diz respeito a uma função pretendida, economia de operação e segurança à vida e à propriedade'. A engenharia pode ser entendida como a aplicação de ciência e de matemática para criar novas tecnologias. O matemático, engenheiro e físico húngaro-americano Theodore von Kármán disse, uma vez, 'Os cientistas estudam o mundo como é, os engenheiros criam novas realidades' (American Society for

Engineering Education, 1970, p. 467). Assim, a engenharia fornece um vínculo prático entre todos os outros assuntos STEM e as artes criativas (Bjerklie, 1998).

Quando se trata de autômatos, **mecânica**, **arte** e **design** são os tópicos mais importantes.

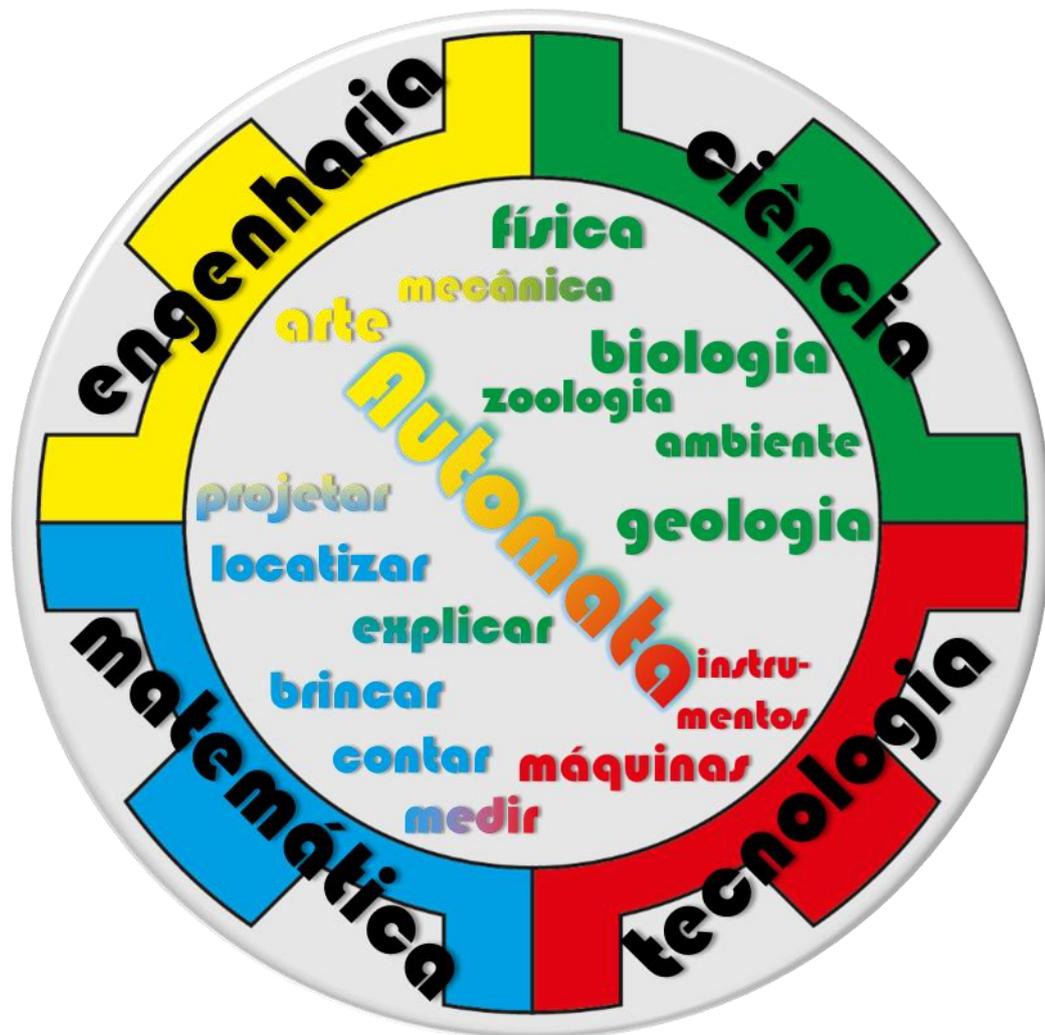


Figura 4: Relação de áreas e conceitos STEM



## 5 Conceitos-chave para a construção de autómatos

Ao construir autómatos, podem ser considerados diferentes mecanismos e fontes de energia. A seguir, apresentamos alguns exemplos de mecanismos fundamentais.

### 5.1 Mecanismos

#### 5.1.1 Alavancas

Uma **alavanca** é uma máquina simples, talvez das máquinas mais simples. Pode ser usada para mover (frequentemente para levantar) um objeto (chamado de *carga*) porque reduz a força (chamada de *esforço*) necessária para fazer isso. Arquimedes disse, uma vez, 'Dêem-me uma alavanca e um ponto de apoio e levantarei o mundo' (Handley, Coon & Marshall, 2013, p. 76). Cada alavanca consiste num corpo rígido (e.g. uma viga ou haste) que é articulado numa dobradiça fixa (chamada de *fulcro* ou *fulcrum*) para que possa ser girado em torno desse ponto fixo.

Com base na localização do ponto de apoio, carga e esforço, podemos distinguir três tipos diferentes de alavancas.

A Figura 5 mostra uma **alavanca de tipo 1**. Tem o ponto de apoio entre a carga e o esforço.



Figura 5: Alavanca de tipo 1

Geralmente, a carga tem uma distância menor do ponto de apoio do que o esforço. Isso permite mover uma carga pesada com uma pequena força. Exemplos são um pé de cabra, um remo e uma tesoura. Num baloiço, pode-se ajustar a distância de ambos os lados do ponto de apoio para equilibrar pesos diferentes. No caso de uma balança, é essencial que a distância seja a mesma nos dois lados, porque se pretende que o esforço (o peso padrão usado

para medir) seja o mesmo que a carga (o peso desconhecido que se pretende medir).

A Figura 6 mostra uma **alavanca de tipo 2**. Tem a carga entre o esforço e o ponto de apoio.

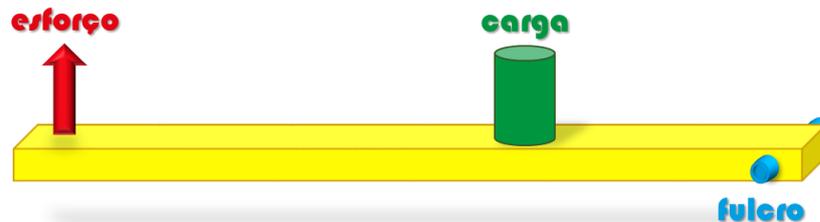


Figura 6: Alavanca de tipo 2

O esforço está a uma distância maior do ponto de apoio do que da carga. Portanto, a força necessária para levantar a carga é menor que o peso da carga. Exemplos são um carrinho de mão, um quebra-nozes, um abridor de garrafas e a *Ponte Levadiça*, mostrada na Figura 7.

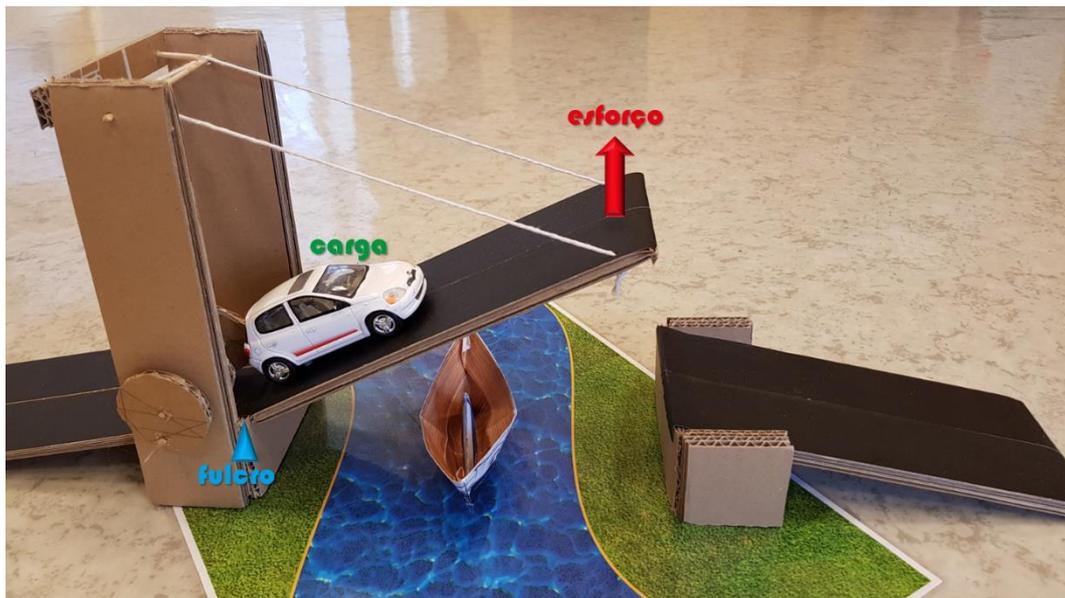


Figura 7: Ponte Levadiça



A Figura 8 mostra uma **alavanca de tipo 3**. O esforço é entre a carga e o ponto de apoio.

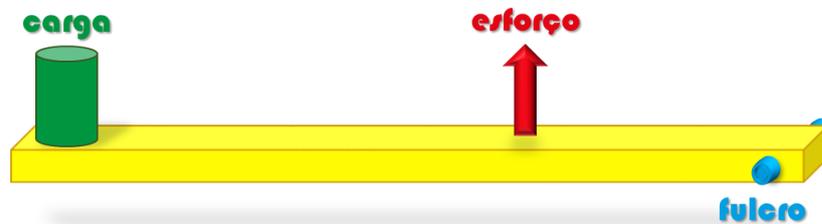


Figura 8: Alavanca de tipo 3

Como a distância entre a carga e o ponto de apoio é maior que a distância entre o esforço e o ponto de apoio, é necessária uma força maior para mover a carga. Assim, o objetivo da alavanca de tipo 3 não é diminuir a força, mas aumentar a velocidade a que a carga se move.

### 5.1.2 Bielas (linkages)

Uma biela é um elemento rígido com uma dobradiça em cada extremidade para conectá-la a outros elementos. As bielas são usadas para ligar diferentes elementos e transferir o movimento de um lugar para outro. Existem vários tipos diferentes de bielas.

A Figura 9 mostra uma **biela de movimento inverso**. Se uma articulação tiver um ponto de articulação fixo no meio, uma extremidade mover-se-á na direção oposta à outra.

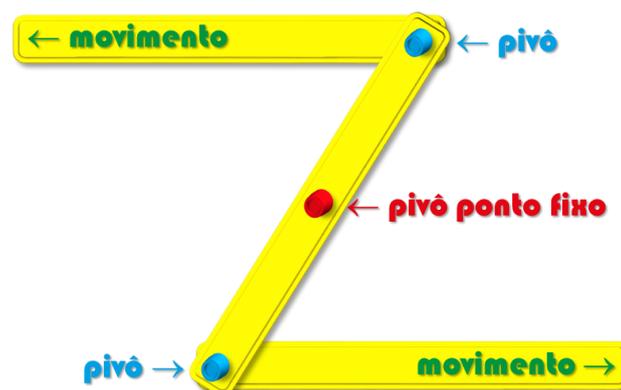


Figura 9: Biela de movimento inverso

Figura 10 mostra uma **biela de movimento paralelo**. Se duas bielas tiverem um ponto de articulação fixo cada uma e estiverem ligadas

por uma terceira biela, como mostrado na referida figura, vão sempre mover-se paralelas umas às outras. O movimento da haste direita tem a mesma direção que o movimento da haste esquerda.

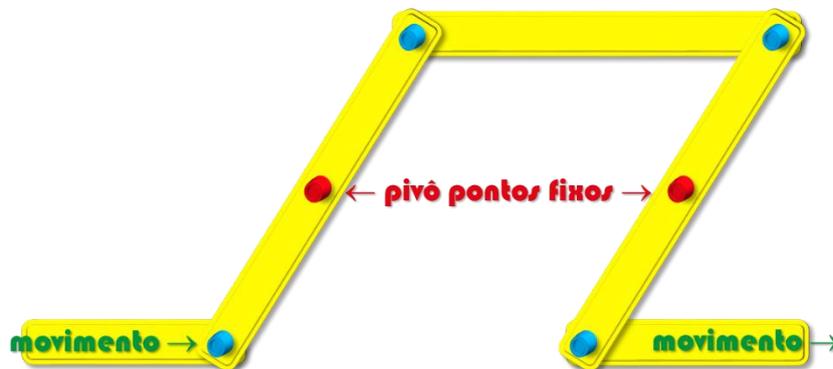


Figura 10: Biela de movimento paralelo

A Figura 11 mostra uma **biela de movimento de 'tesoura'**, usada no caso do crocodilo e do dinossauro. É uma combinação do movimento inverso e de articulação do movimento paralelo, mas não possui pontos de articulação fixos. Quando as extremidades das duas hastes se movem de um lado, um contra o outro, o outro lado afasta-se (o braço estende-se) e as extremidades do outro lado movem-se, uma contra a outra também (o crocodilo morde).

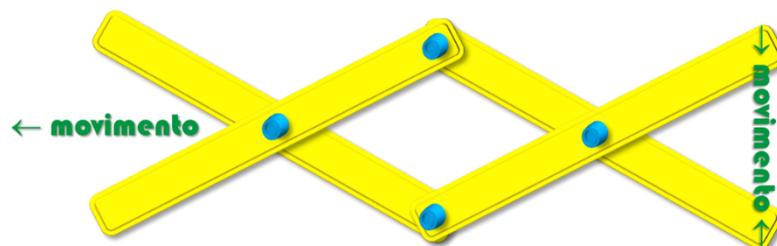


Figura 11: Biela de movimento de 'tesoura'



Figura 12: 'Hipopótamo - tesoura'



A Figura 13 mostra uma **manivela de tipo 'sino'**. É usada para converter o movimento vertical em horizontal ou vice-versa.

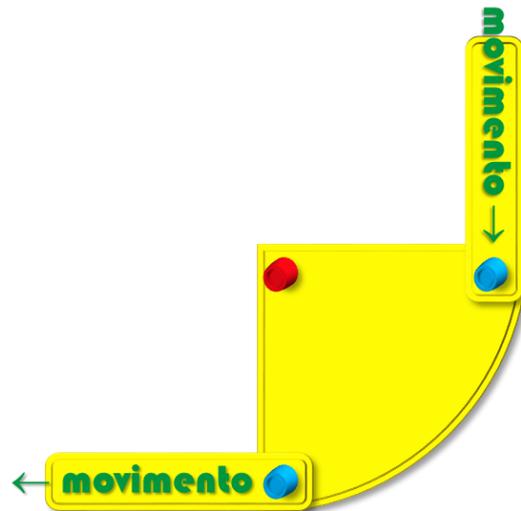


Figura 13: Manivela de tipo 'sino'

A Figura 14 mostra uma **manivela com controle deslizante**. É geralmente usada para converter o movimento rotativo em movimento alterno (alternadamente para frente e para trás). Na figura, a haste mais curta pode girar apenas em torno do ponto de articulação fixo. A haste mais longa move-se para frente e para trás guiada por um controle deslizante.

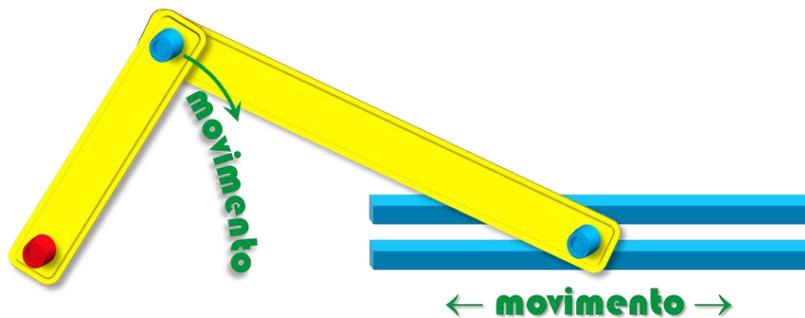


Figura 14: Manivela com controle deslizante

### 5.1.3 Came

Um came permite converter o movimento rotativo em movimento alterno de um seguidor. Existem duas diferenças principais entre um mecanismo de manivela e controle deslizante e um came.

- 1) Um mecanismo de manivela e controle deslizante pode criar um movimento alterno em qualquer direção (para cima e para baixo, direita e esquerda, para trás e para frente). Um came excêntrico geralmente cria apenas um movimento para cima e para baixo, porque o seguidor deve ser empurrado para baixo, na biela, pelo seu peso. Não há ligação entre a biela e o excêntrico.
- 2) Uma manivela e controle deslizante só podem criar um movimento alterno homogéneo porque o comprimento do braço rotativo é fixo. Com uma biela, podem-se criar todos os tipos de movimentos não homogéneos, para cima e para baixo (por exemplo, lentamente para cima e para baixo) usando bielas de formas diferentes. O formato do came é chamado de *perfil do came*. A Figura 15 mostra vários perfis de came: a) excêntrico, b) em forma de caracol, c) em forma de ovo, d) elíptico, e) redondo e f) hexagonal.

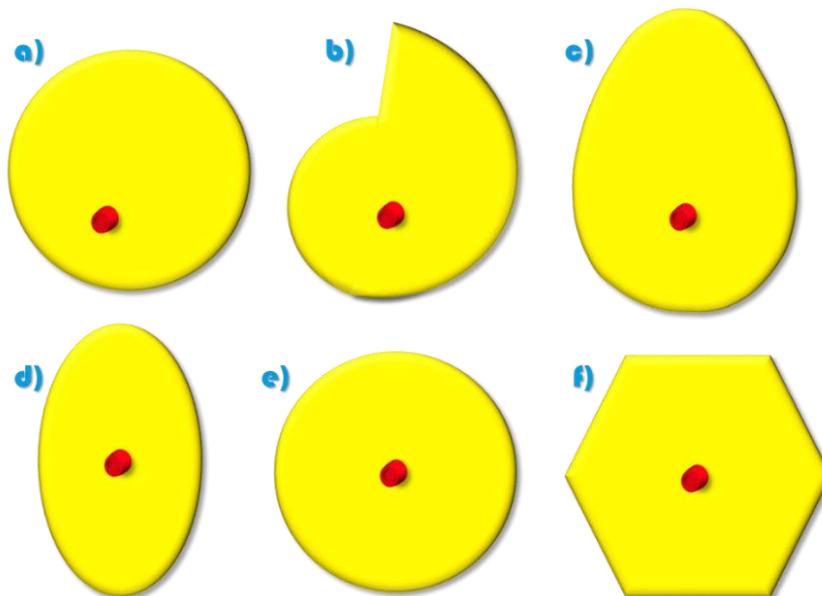


Figura 15: Perfis de cames



A Figura 16 mostra o movimento de um came excêntrico.

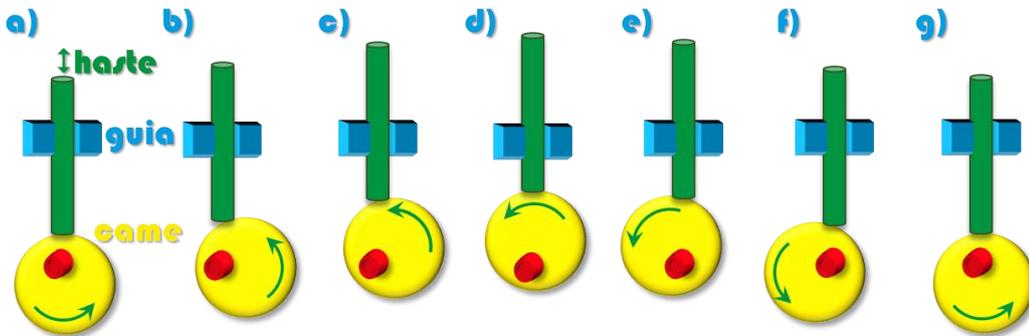


Figura 16: Movimento de came excêntrico

#### 5.1.4 Transmissão por atrito

Um came redondo e não excêntrico não causa um movimento para cima e para baixo, mas pode ser usado como um ativador de fricção. A Figura 17 mostra um ativador de fricção que converte o movimento rotativo com um eixo horizontal em movimento rotativo com um eixo vertical. O protótipo *Bailarina* usa este mecanismo.

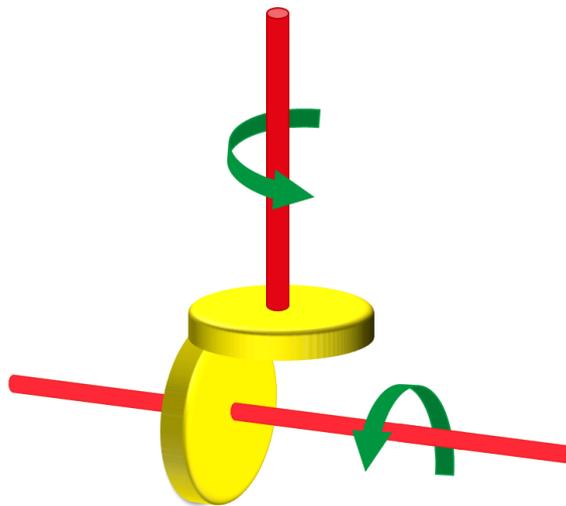


Figura 17: Transmissão por atrito



Figura 18: A Bailarina envolve transmissão por atrito

A Figura 19 mostra transmissão por atrito com um came excêntrico. Isto cria um movimento interessante: o excêntrico sobe e desce enquanto se vira.

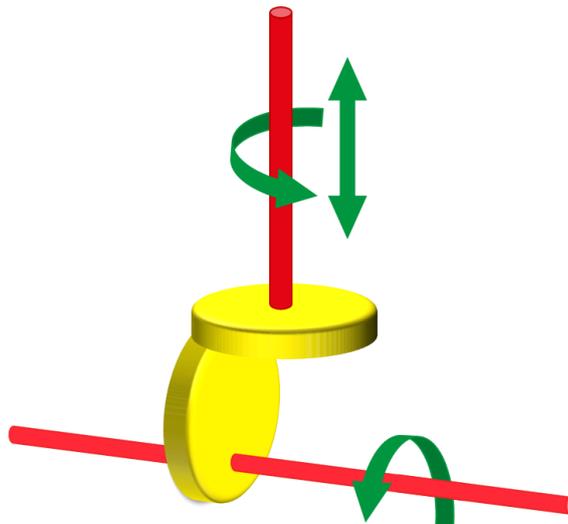


Figura 19: Transmissão por atrito com came excêntrico

## 5.2 Fontes de energia

Existem várias possibilidades de fontes de energia que fazem os autómatos moverem-se. Uma fonte de energia é a que é fornecida pelas próprias crianças. Podem fazer isso usando uma **alavanca giratória** (por exemplo, como acontece na *Bailarina* ou na *Ponte*



Levadiça) ou uma **alavanca simples** (por exemplo, a *Tesoura* e o *Elefante Falador*).

Uma fonte de energia engraçada é a energia elástica, que pode ser armazenada num elástico de borracha (por exemplo, *Eco-carro 1* e *Máquina-que-volta-sempre*), numa palhinha de plástico (por exemplo, *Eco-carro 2*), ou numa corda. A *Ponte Levadiça* usa uma corda para a levantar porque a gravidade não é suficientemente forte. Em muitos outros casos, contudo, pode usar-se a força da gravidade.

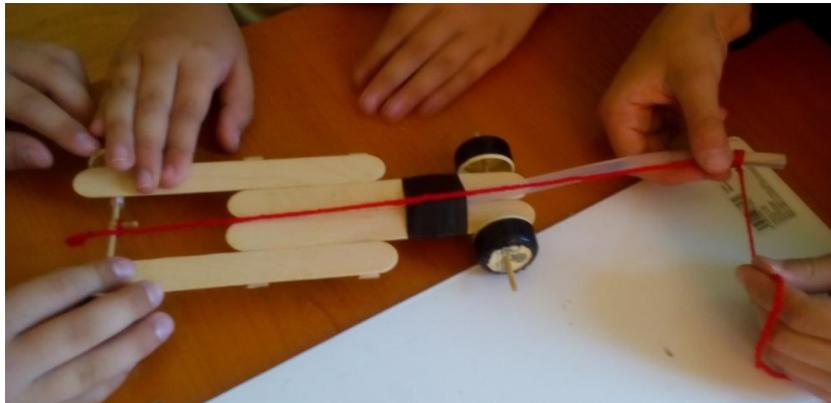


Figura 20: *Eco-carro 2* usa a força de uma palhinha de plástico

Existem muitos tipos diferentes de mecanismos que usam a **força da gravidade**. Ao usar uma alavanca, a carga pressioná-la-á assim que se parar de aplicar o esforço. Se se enrolar uma corda em torno de um eixo e anexar uma massa à outra extremidade, a gravidade puxará a massa para baixo, fazendo com que a corda se desenrole e o eixo gire.

A **força da água** que aciona uma turbina é outra aplicação da força da gravidade, porque é a gravidade que faz a água correr para baixo. Uma turbina também pode ser usada para **energia eólica**. A *Corrida com Turbina Eólica* usa vento criado artificialmente por um secador de cabelo.



Figura 21: Corrida com Turbina Eólica

O Barco Balão usa um tipo diferente de **energia eólica**.



Figura 22: O Barco Balão usa a energia do ar.



## 6 Referências

- Bain, R. (1937). Technology and State Government. *American Sociological Review*, 2(6), 860-874. DOI:10.2307/2084365.
- Bishop, A. J. (1988). Mathematics education in its cultural context. *Educational Studies in Mathematics*, 19(2), 179-191.
- Broström, S. (2017). A dynamic learning concept in early years' education: a possible way to prevent schoolification. *International Journal of Early Years Education*, 25(1), 3-15. DOI:10.1080/09669760.2016.1270196.
- Bruner, J. S. (1978). The role of dialogue in language acquisition. In A. Sinclair, R., J. Jarvella, and W. J.M. Levelt (eds.) *The Child's Concept of Language*. New York: Springer-Verlag.
- Campbell, F. A., Pungello, E. P., Miller-Johnson, S., Burchinal, M. & Ramey, C. T. (2001). The development of cognitive and academic abilities: Growth curves from an early childhood educational experiment. *Developmental Psychology*, 37(2), 231-242. DOI:10.1037//012-1649.37.2.231.
- Carmichael, C., MacDonald, A., & McFarland-Piazza, L. (2014). Predictors of numeracy performance in national testing programs: Insights from the longitudinal study of Australian children. *British Educational Research Journal*, 40(4), 637-659.
- Carr, M. & Lee, W. (2012). *Learning stories: Constructing learner identities in early education*. Los Angeles: SAGE.
- Chien, N. C., Howes, C., Burchinal, M., Pianta, R. C., Ritchie, S., Bryant, D. M., Clifford, R. M., Early, D. E. & Barbarin, O. A. (2010). Children's classroom engagement and school readiness gains in prekindergarten. *Child Development*, 81(5), 1534-1549. DOI:10.1111/j.1467-8624.2010.01490.x.
- Clark, A. & Moss, P. (2011). *Listening to young children: The mosaics approach* (2<sup>nd</sup> ed.). London: National Children's Bureau.
- Dewey, J. (1933). *How we think: A restatement of the relation of reflective thinking to the educative process*. Lexington, MA: DC Heath.
- Duncan, G. J., Dowsett, C. J., Claessens, A., Magnuson, K., & Huston, A. C. (2007). School readiness and later achievement. *Developmental Psychology*, 43(6), 1428-1446.
- Engineers' Council for Professional Development. (1947). *Canons of ethics for engineers*. New York: Engineers' Council for Professional Development.
- European Commission. (2007). *EUR22845 – Science education now: A renewed pedagogy for the future of Europe*. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities. Retrieved from <https://www.eesc.europa.eu/sites/default/files/resources/docs/rapportrocardfinal.pdf>.

- European Schoolnet (2018). *Science, technology, engineering and mathematics education policies in Europe. Scientix Observatory report*. Brussels: European Schoolnet.
- Fröbel, F. W. (1887). *The Education of Man*. New York: Appleton.
- Geary, D. C., Hoard, M. K., Nugent, L., & Bailey, D. H. (2013). Adolescents' functional numeracy is predicted by their school entry number system knowledge. *PLOS ONE*, 8(1), e54651. Retrieved from: <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0054651>.
- Geller, C., Neumann, K., Boone, W. J., & Fischer, H. E. (2014). What makes the Finnish different in science? Assessing and comparing students' science learning in three countries. *International Journal of Science Education*, 36(18), 3042-3066.
- Gunnestad, A. (2019). *Didaktikk for barnehagelærere: en innføring* (2<sup>nd</sup> ed.). Oslo: Universitetsforlaget
- Hadzigeorgiou, Y. (2002). A study of the development of the concept of mechanical stability in preschool children. *Research in Science Education*, 32(3), 373-391.
- Han, M., Moore, N., Vukelich, C., & Buell, M. (2010). Does play make a difference? Effects of play intervention on at-risk preschoolers' vocabulary learning. *American Journal of Play*, 3(1), 82-105.
- Handley, B., Coon, C., & Marshall, D. M. (2013). *Principles of Engineering*. Delmar: Cengage Learning.
- Hedges, H. & Cooper, M. (2018). Relational play-based pedagogy: theorising a core practice in early childhood education. *Teachers and Teaching*, 24(4), 369-383.
- Honomichl, R. D. & Chen, Z. (2012). The role of guidance in children's discovery learning. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science*, 3(6), 615-622. doi:10.1002/wcs.1199.
- Krathwohl, D. R. (2002). A Revision of Bloom's Taxonomy: An Overview. *Theory Into Practice* 41(4), 212-218.
- Lewis, J. P. (2000). *The Project Manager's Desk Reference: A Comprehensive Guide to Project Planning, Scheduling, Evaluation, and Systems*. Boston, MA: McGraw-Hill.
- Ministry of Education and Research (2017). *Framework plan for kindergartens content and tasks*. Oslo: Ministry of Education and Research. Retrieved from <https://www.udir.no/globalassets/filer/barnehage/rammeplan/framework-plan-for-kindergartens2-2017.pdf>.
- OECD (2006). *Starting Strong II. Early Childhood Education and Care*. Paris: OECD.
- Pyle, A. & Danniels, E. (2017). A Continuum of Play-Based Learning: The role of the teacher in play-based pedagogy and the fear of hijacking play. *Early Education and Development*, 28(3), 274-289.



- Rosicka, C. (2016). Translating STEM education research into practice. Camberwell, AU: Australian Council for Educational Research. Retrieved from [https://research.acer.edu.au/cgi/viewcontent.cgi?article=1010&context=professional\\_dev](https://research.acer.edu.au/cgi/viewcontent.cgi?article=1010&context=professional_dev).
- Sanders, M. (2009). STEM, STEM Education, STEMmania. *The Technology Teacher* 68(4), 20-26. Retrieved from <https://vtechworks.lib.vt.edu/bitstream/handle/10919/51616/STEMmania.pdf>.
- Schleicher, A. (ed.) (2012). *Preparing teachers and developing school leaders for the 21st century: Lessons from around the world*. International Summit on the Teaching Profession, OECD Publishing, Paris.
- Stipek, D., Feiler, R., Daniels, D. & Milburn, S. (1995). Effects of different instructional approaches on young children's achievement and motivation. *Child Development*, 66(1), 209-223. DOI:10.2307/1131201.
- Van der Veer, R. & Valsiner, J. (1991). *Understanding Vygotsky*. Oxford: Basil Blackwell.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in Society. The Development of Higher Psychological Processes*. Edited by M. Cole. Cambridge: Harvard University Press.
- Weisberg, D. S., Hirsh-Pasek, K., Golinkoff, R. M., Kittredge, A. K. & Klahr, D. (2016). Guided Play: Principles and Practices. *Current Directions in Psychological Science*, 25(3), 177-182. DOI: 10.1177/0963721416645512.
- Wood, D. J., Bruner, J. S., & Ross, G. (1976). The role of tutoring in problem solving. *Journal of Child Psychiatry and Psychology*, 17(2), 89-100.

## 7 Índice

<b>1</b>	<b>Introdução .....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Autómatos para STEM.....</b>	<b>3</b>
2.1	<i>Aprendendo com recurso a autómatos .....</i>	3
2.2	<i>STEM.....</i>	3
<b>3</b>	<b>Enquadramento teórico .....</b>	<b>6</b>
3.1	<i>Pedagogia do brincar (Play-based pedagogy).....</i>	6
3.2	<i>Brincar guiado .....</i>	7
<b>4</b>	<b>Conceitos pedagógicos .....</b>	<b>8</b>
4.1	<i>Etapas para implementar AutoSTEM .....</i>	8
4.2	<i>Atividades da criança .....</i>	8
4.2.1	Observar e analisar autómatos.....	9
4.2.2	Planear o seu próprio autómato.....	9
4.2.3	Experienciar áreas STEM durante a construção do autómato .....	9
4.2.4	Brincar com os autómatos .....	9
4.2.5	Refletir sobre o trabalho desenvolvido .....	10
4.3	<i>Papel do/a professor/a.....</i>	10
4.3.1	Identificar a Zona de Desenvolvimento Proximal da criança.....	10
4.3.2	Formular objetivos de aprendizagem.....	10
4.3.3	Planear a atividade .....	11
4.3.4	Apoiar a produção do autómato .....	12
4.3.5	Relacionar o processo de construção com conteúdos STEM ou outros assuntos.....	13
4.3.6	Trabalhar com um cenário ou uma história .....	13
4.3.7	Obter <i>feedback</i> .....	13
4.4	<i>Uma abordagem interdisciplinar para aprender STEM com recurso a autómatos.....</i>	14
4.4.1	Tecnologia.....	14
4.4.2	Matemática.....	15
4.4.3	Ciência .....	15
4.4.4	Engenharia .....	16
<b>5</b>	<b>Conceitos-chave para a construção de autómatos .....</b>	<b>18</b>
5.1	<i>Mecanismos .....</i>	18
5.1.1	Alavancas .....	18
5.1.2	<i>Bielas (linkages) .....</i>	20
5.1.3	Came.....	23
5.1.4	Transmissão por atrito.....	24
5.2	<i>Fontes de energia.....</i>	25
<b>6</b>	<b>Referências .....</b>	<b>28</b>
<b>7</b>	<b>Índice .....</b>	<b>31</b>



## Parceiros do projeto



**QueenMaudUniversityCollege**  
OF EARLY CHILDHOOD EDUCATION



FACULDADE  
DE PSICOLOGIA E DE  
CIÊNCIAS DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE DE  
COIMBRA

## Parceiros associados

