

PMR 3100 - Introdução à Engenharia Mecatrônica

Prof. Dr. Paulo Eigi Miyagi, Coordenador
Prof. Dr. José Reinaldo Silva
Prof. Dr. Fabrício Junqueira
Prof. Dr. Rafael Traldi Moura

Mecatrônica em Ação

1. Objetivos

Aumentar o repertório de soluções em Engenharia Mecatrônica, com a análise de:

- Materiais utilizados
- Mecanismos
- Tipos de acionamento (neste caso utilizando motor)
- Tipos de sensores
- Tipos de controle
- Fixação das peças
- Aspectos do projeto visando facilitar a fabricação e montagem (DFM, *Design for Manufacturing*¹, e DFA, *Design for Assembly*) e a manutenção.

A estratégia adotada é de desmontar uma impressora *Deskjet* e compreender os subsistemas:

- a. Subsistema de movimentação do papel
- b. Subsistema de movimentação do carro
- c. Subsistema de descanso do carro

2. Material de referência

A análise de DFM/DFA (*design for manufacturing, design for assembly*) poderá ser conduzida a partir dos itens [neste link](#). As apresentações do [Dr. Bates](#) e [Eng. Porter](#) contêm exemplos interessantes do conceito.

A análise de *design for maintenance* poderá ser conduzida a partir dos itens [neste link](#). (o documento pode ser acessado no lado direito da página, em "*Access to Document*").

3. Instruções

Você terá uma aula (100 minutos) para realizar a **desmontagem** e a **remontagem** da impressora. Assim, não precisa ter pressa: análise com cuidado cada etapa do trabalho e, sobretudo, cada solução adotada.

A desmontagem da impressora será realizada seguindo os passos indicados neste texto. Adicionalmente, analise o que deverá constar do relatório.

O relatório deverá ser entregue pelo grupo, via Moodle, conforme data estabelecida no *site*. A Avaliação Individual também deverá ser entregue, via Moodle, na mesma data. O tamanho sugerido do material a ser produzido tem como referência apenas o texto (ou seja, sem figuras). É muito importante você se

¹ Note que termos estrangeiros são grafados de forma diferente; o habitual é grafar em itálico, mas poderia ser sublinhado, negrito, etc. O importante é manter o padrão ao longo de todo o texto. Pratique no seu relatório.

acostumar a elaborar trabalhos acadêmicos. Neste [link](#) você encontrará as diretrizes adotadas na USP para a elaboração de tais trabalhos. Considere ao menos os seguintes elementos:

- Capítulo 2.2: Tamanho da página, fonte, espaçamento, etc.;
- Capítulo 2.6: Ilustrações
- Capítulo 3.1: Capa, Sumário, Introdução, Desenvolvimento, Conclusão e Referências;

Para os relatórios pedidos, você não precisa seguir toda a estrutura sugerida. Neste momento o importante é se lembrar de identificar do que se trata o relatório, de se identificar, responder os itens listados ao longo deste documento, e citar as referências que foram consultadas para embasar as suas respostas (a **forma de citar e listar as referências** é apresentada nos capítulos de 4 a 7).

4. Relatório em Grupo

O relatório em grupo deverá conter os capítulos abaixo listados. Sempre se deve citar a fonte das informações/afirmações apresentadas (ex. “De acordo com [Villani, Miyagi & Valette \(2007\)](#) o controle ...” e, os dados da bibliografia citada devem estar na lista de referências ao final do relatório). Sempre que necessário pode/deve-se se utilizar de figuras (fotos, gráficos, esquemas, etc.) para facilitar o entendimento por parte do leitor.

1. Tecnologias de impressão

Fazer uma introdução sobre as tecnologias de impressão das impressoras (1 parágrafo). O que interessa é que você compreenda o que é e não que copie textos da internet (**o que é proibido!!**). Isso vale para todo o relatório e toda a sua vida na POLI.

1.1. Impressão a jato de tinta

Fazer um resumo dos tipos de impressão a jato de tinta, com no máximo 2 páginas.

1.2. Impressão a laser

Fazer um resumo do processo de impressão das impressoras *laser*. No máximo 1 página.

2. Elementos construtivos

Fazer uma introdução sobre os elementos construtivos de um equipamento como a impressora utilizada na aula (1 parágrafo).

2.1. Motores elétricos

Motor elétrico é um dos atuadores mais importantes de sistemas mecatrônicos. Você vai aprender bastante sobre ele ao longo do seu curso. Neste item, você deve apresentar um resumo de **não** mais que 2 páginas de como funcionam os motores DC, de passo e AC.

2.2. Sensores

Você vai aprender muito sobre sensores no curso. Mas, para este relatório, você deve fazer um resumo de **não** mais que 2 páginas sobre sensores. Um foco especial deve ser dado para sensores encontrados na impressora usada em aula como os sensores óticos (mais precisamente, sensores óticos de presença ou chaves óticas,

no sentido dado a este termo [neste link](#) e *encoders* (lembrando que nem todos os *encoders* são óticos).

2.3. Parafusos

Parafuso é um tipo de elemento de fixação; você vai aprender mais sobre eles no curso de Engenharia Mecatrônica. Mas, no momento, você deve apresentar um resumo dos parafusos em função do tipo de cabeça, tipo de chave (geometria/fenda na cabeça) e tipo de rosca. Deve-se explicar os tipos de parafusos encontrados na impressora usada em aula. Este item **não** deve ter mais do que 2 páginas.

2.4. Processos de fabricação

Os processos de fabricação são inúmeros e você vai aprender muito sobre eles durante o curso de Eng. Mecatrônica. Neste item, você deve listar os principais processos de fabricação (segundo algum critério) e apresentar, de forma sucinta, os processos de injeção de plástico, de estampagem e de usinagem considerando as peças encontradas na impressora usada em aula. Este item **não** deve ter mais do que 2 páginas.

2.5. Fabricação de componentes

Você vai aprender mais sobre elementos de máquinas durante o curso, principalmente sobre os vários tipos e formas de dimensionamento e fabricação. Para este relatório, os processos de fabricação de engrenagens e eixos devem ser apresentados, de forma sucinta, e usando como exemplo as peças encontradas na impressora usada em aula. Este item **não** deve ter mais do que 2 páginas.

3. Soluções adotadas

3.1. Subsistema de movimentação do papel

a. Descrição do funcionamento

Neste item, você deverá descrever como funciona o subsistema.

b. Sensores e atuadores

Neste item, você deverá **listar** os sensores e atuadores utilizados.

c. Controle

Neste item, você deverá apontar quais são os objetivos de controle a serem atingidos bem como a forma que foi utilizada. Notar que, em casos como a alimentação do papel, não há um “controle total”², no sentido de que, por exemplo, mais de uma folha pode ter sido alimentada.

3.2. Subsistema de movimentação do carro (note que isto inclui o acionamento do jato de tinta)

Mesmos subitens que 3.1.

3.3. Subsistema de descanso do carro

Mesmos subitens que 3.1.

4. Soluções adotadas

² As aspas duplas (ou simples) são usadas para destacar alguma palavra ou termo no texto. Pratique no seu relatório.

Neste item, você deverá apontar como os princípios DFM/DFA e de *design for maintenance* foram aplicados, se o foram. Use o guia indicado no Material de Referência para basear a sua análise. Use sua experiência pessoal para comentar como foi a montagem (ou melhor, a remontagem da impressora).

5. Referências Bibliográficas

Lista das referências citadas no texto, por ex:

- Villani, E.; Miyagi, P.E. & Valette, R. (2007) Modelling and Analysis of Hybrid Supervisory Systems. Springer-Verlag London, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-1-84628-651-3>.

5. Relatório Individual

O Relatório Individual, como o nome sugere, deve ser feita e entregue por cada estudante. O objetivo é que cada estudante reflita sobre o equipamento, ainda que esta reflexão seja pouco informada porque, afinal, o estudante está apenas começando o curso. Os itens a seguir devem constar desta avaliação. O Relatório Individual deve ter de 2 a 3 páginas.

1. Subsistema de movimentação do papel
 - a. O que mais gostei no projeto?
 - b. O que não gostei no projeto?
 - c. O que aprendi ao estudar este projeto?
2. Subsistema de movimentação do carro

Mesmos subitens que 1.
3. Subsistema de descanso do carro

Mesmos subitens que 1.
4. Respostas para as perguntas elaboradas ao longo do processo de desmontagem/montagem
 - a. Passo 4:
 - Identifique de onde vem (ou para onde vai) e para que serve o conjunto de fios azul e branco;
 - Identifique de onde vem (ou para onde vai) e para que serve o conjunto de fios vermelho e preto;
 - Identifique de onde vem (ou para onde vai) e para que serve o conjunto de fios preto e branco;
 - Identifique de onde vem (ou para onde vai) e para que serve o conjunto de fios verde, amarelo e preto;
 - Por que os parafusos da Figura 5 são de 2 tipos diferentes?
 - b. Passo 5:
 - Quais os sensores da Figura 7(b) e como funcionam?
 - c. Passo 6:
 - Para que serve a mola destacada na Figura 9 (a)?
 - Como é feita a detecção da posição dos cartuchos (Figura 9 (b))?

- Para que servem os componentes destacados na Figura 10?
- d. Passo 7:
- Identifique os elementos destacados de 1 a 6;
 - Há diferença entre os motores de movimentação do carro e do papel? Explique.
 - Que tipo de motores são?
 - Há diferença no princípio de funcionamento destes motores? Explique.
- e. Passo 8:
- Por que no vídeo foi necessário apoiar o papel com as mãos para auxiliá-lo a se movimentar? Que peça faz esta função na impressora?
- f. Passo 9:
- A lógica de funcionamento (o software) que gerencia a posição dos cartuchos;
 - A lógica de funcionamento (o software) que gerencia a movimentação do papel.

6. Roteiro

Antes de começar, lembre-se de:

- **Testar a impressora!**
- **Forrar a mesa para evitar que seja manchada com restos de tinta.**

1. Remova os 4 parafusos que fixam a parte superior ao corpo da impressora. Para isso, vire a impressora para baixo. São 2 parafusos na frente (Figura 1 (b)) e 2 parafusos atrás (Figura 1 (a)). Note que para acessar os parafusos frontais é necessário abrir a bandeja de saída de papel.

Note que os parafusos usados na parte da frente são diferentes dos usados na parte de trás!!

2. Volte a impressora para a posição normal. Com uma régua ou algo similar a uma espátula, você deve afastar a lateral da impressora para soltar os encaixes que existem em ambos os lados (Figura 2).

3. Esta deve ser a vista que obterá ao levantar a tampa da impressora (Figura 3). Neste momento já é possível identificar alguns subsistemas da impressora: (1) o circuito que controla o funcionamento da impressora; (2) sensor para detectar se a porta que dá acesso aos cartuchos está aberta e sensor que detecta o número de voltas do tracionador do papel; (3) subsistema de movimentação do papel; e (4) o subsistema de movimentação do carro.



(a)



(b)

Figura 1. Desmontagem dos parafusos para abrir o corpo da impressora: (a) parafusos na parte de trás da impressora; e (b) parafusos na parte frontal da impressora.



(a)



(b)

Figura 2. Encaixe que prende a tampa ao corpo da impressora: (a) Trava do lado esquerdo; e (b) Trava do lado direito.

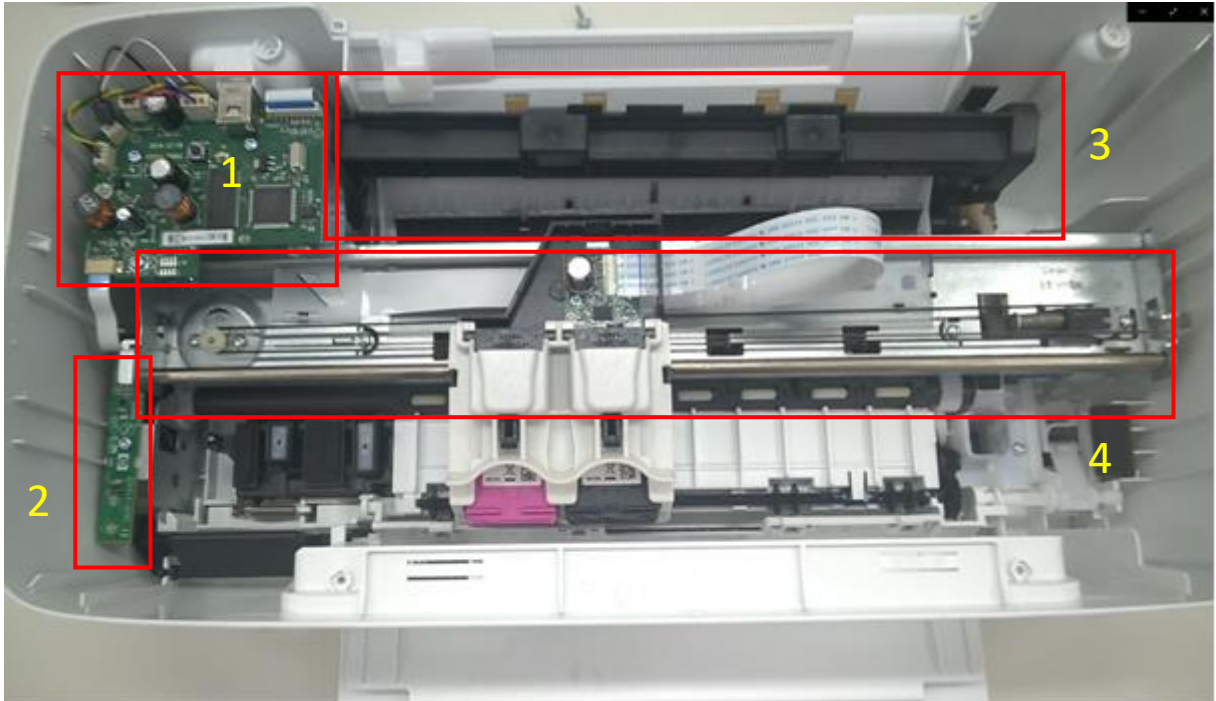


Figura 3. Vista interna da impressora ao remover a tampa.

4. Desmontando o circuito que controla o funcionamento da impressora.

Com cuidado, remova os cabos “*flat*”. Neste cabo: (1) trafegam dados quanto à posição dos cartuchos, e que comandam a injeção de tinta; (2) lê sinais do sensor para detectar se a porta que dá acesso aos cartuchos está aberta, e lê sinais do sensor que detecta o número de voltas do tracionador do papel. Eles são menos frágeis do que parece. **Mesmo assim, remova-os com cuidado! Puxe pela parte azul!!**

Em seguida remova os cabos de energia e sinal (**novamente cuidado!!! Puxe pelos conectores!!! Nunca pelos fios!!!**). Responda no seu relatório individual

- Identifique de onde vem (ou para onde vai) e para que serve o conjunto de fios azul e branco;
- Identifique de onde vem (ou para onde vai) e para que serve o conjunto de fios vermelho e preto;
- Identifique de onde vem (ou para onde vai) e para que serve o conjunto de fios preto e branco;
- Identifique de onde vem (ou para onde vai) e para que serve o conjunto de fios verde, amarelo e preto;

Agora remova os 3 parafusos que prendem a placa no corpo da impressora (Figura 5). Notem que os parafusos são de 2 tipos. Por que a diferença? Responda no seu relatório individual

Por fim terão a placa desmontada (Figura 6). Conseguem identificar os principais componentes? Não se preocupe com a função de alguns deles, vocês não têm acesso ao projeto da eletrônica. Que tal pedir um auxílio ao Google? Qual seria o seu critério de busca? Por quanto é vendida uma placa destas?

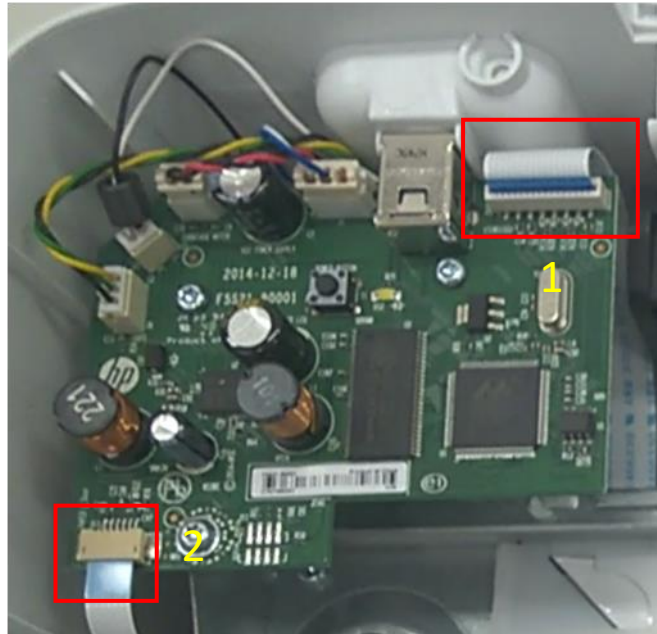


Figura 4. Circuito que controla o funcionamento da impressora.

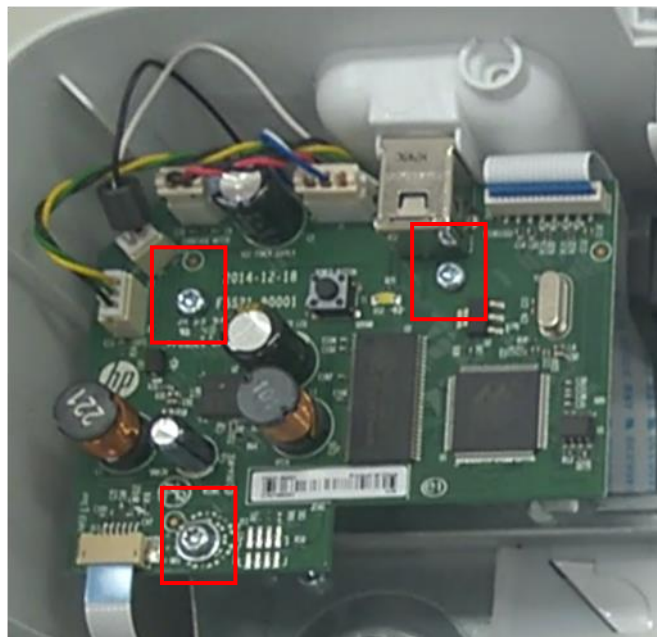


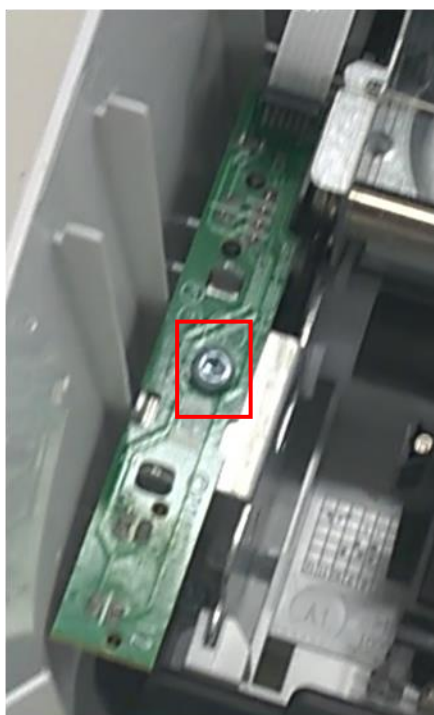
Figura 5. Parafusos prendendo a placa de controle ao corpo da impressora.

Percebam que nem todos, mas muitos componentes possuem alguma “deixa”/“rastros” que nos permite achar informações na internet. Se não forem tão óbvias quanto na placa da Figura 6, pode tentar alterar a incidência de luz no componente pois muitos são gravados a laser.

5. Vamos agora remover o circuito onde estão (1) o sensor para detectar se a porta que dá acesso aos cartuchos está aberta e (2) o sensor que detecta o número de voltas do tracionador do papel. Para isso, deve-se apenas remover um parafuso (Figura 7). Tente identificar os sensores da Figura 7 (b) e como funcionam.



Figura 6. Placa de controle desmontada.



(a)



(b)

Figura 7. Removendo a placa com sensores: (a) parafuso a ser removido; e (b) sensores na parte de baixo do circuito.

6. Desmontando o subsistema de movimentação do carro.

É necessário remover apenas 3 parafusos conforme mostrado na Figura 8. Note que aqui também são usados dois tipos diferentes de parafusos. **Porém, antes de tentar puxar o subsistema, note que ele tem uma trava!! Ele deve ser levemente deslocado para a frente da impressora antes de ser levantado!!**



Figura 8. Remoção dos parafusos para desmontar o subsistema de movimentação do carro.

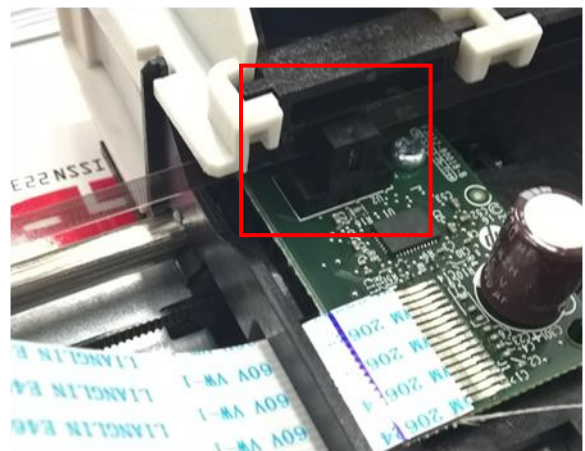
Desmontando este subsistema é possível analisar:

- Para que serve a mola destacada na Figura 9 (a)?
- Como é feita a detecção da posição dos cartuchos (Figura 9 (b))?
- Para que servem os componentes destacados na Figura 10?

Responda estas 3 questões no seu relatório individual.



(a)



(b)

Figura 9. Componentes do subsistema de impressão.

Neste subsistema não desmontaremos mais nada. Até o nível que chegamos é possível identificar todos os componentes.

7. Se tudo correu bem até aqui, você deve ter uma visão similar à da Figura 11. Basicamente o que se tem é o subsistema de movimentação do papel. No entanto, antes de analisarmos este subsistema, tente identificar os elementos destacados (de 1 a 6) e descreva o que eles fazem.



Figura 10. Vista inferior do subsistema de impressão.

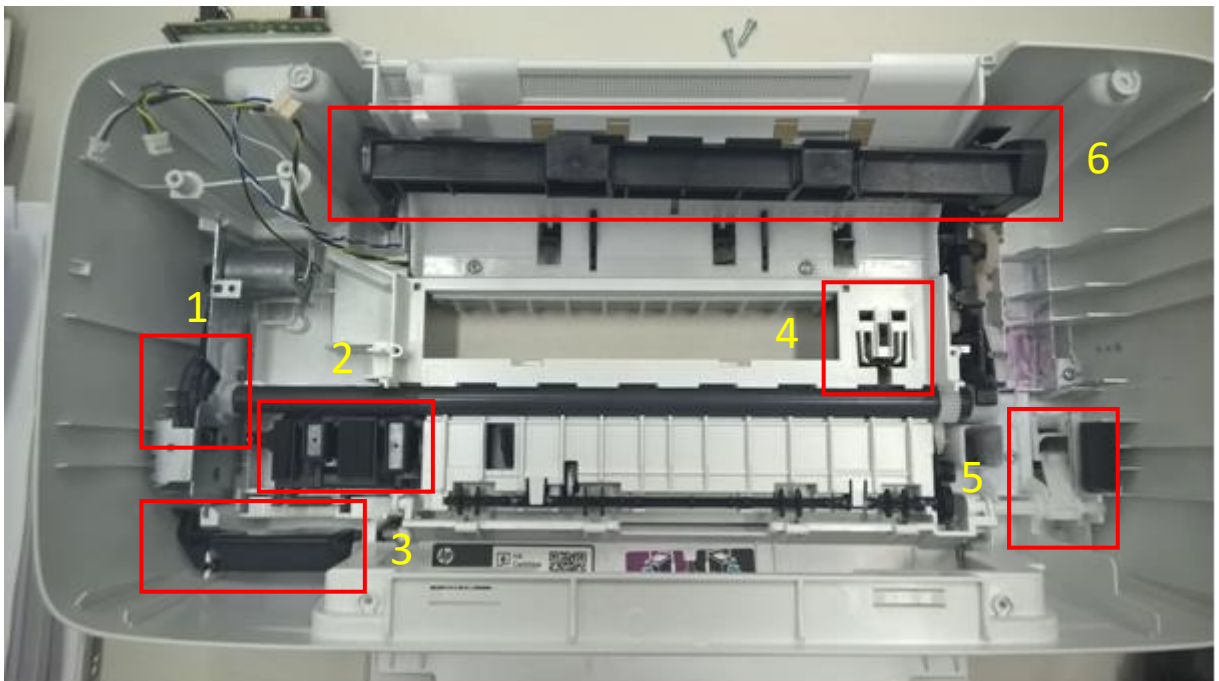


Figura 11. Base da impressora e subsistema de tracionamento do papel.

No *site*, junto ao material de apoio, tem um vídeo mostrando o funcionamento do elemento 2.

Talvez você queira visualizar o componente 4 pelo lado de baixo da impressora. Remova a sua proteção plástica para vê-lo.

Além dos seis elementos destacados, você também pode comparar os motores dos subsistemas de movimentação do papel com o do subsistema de movimentação do carro.

- Há diferença entre eles? Explique.

- Quais tipos de motores são?
- Há diferença no princípio de funcionamento? Explique.

Não se esqueça de anotar suas respostas no seu relatório individual.

8. Agora vamos ver como a impressora traciona o papel (Figura 12). No *site*, junto ao material de apoio, tem um vídeo mostrando o seu funcionamento. Seu grupo pode fazer uma simulação parecida. Primeiro, identifique qual a engrenagem motriz, ou seja, por onde vem a energia para movimentar todo o subsistema.

Por que no vídeo foi necessário apoiar o papel com as mãos para auxiliá-lo a se movimentar? Que peça faz esta função na impressora? Responda no seu relatório individual.



Figura 12. Subsistema de movimentação de papel.

9. Agora que você desmontou praticamente toda a impressora, tente explicar como deve ser:

- A lógica de funcionamento (o *software*) que gerencia a posição dos cartuchos;
- A lógica de funcionamento (o *software*) que gerencia a movimentação do papel.

Anote no seu relatório individual.

10. Quase terminando... agora só falta remontar a impressora e testá-la!!!

ATENÇÃO: anote o tempo que você vai levar! Não se trata de competição; é para você ter noção da dificuldade da montagem (DFA, *Design For Assembly*).