

## DNA RECOMBINANTE

Octavio Henrique de O. Pavan

Laboratório de Difusão Científica & Cultural

Departamento de Genética e Evolução – Instituto de Biologia – UNICAMP

Campinas, SP - ohpavan@unicamp.br

### Resumo

Este protocolo de aula prática visa facilitar o entendimento de um dos princípios básicos da manipulação do DNA. Trata-se de um conjunto de duas práticas extremamente simples que podem ser entendidas por alunos do ensino fundamental e que ajudam o estudante de Genética Molecular a visualizar os processos envolvidos na manipulação gênica.

### I . CORTANDO O DNA COM ENZIMAS DE RESTRIÇÃO

#### Introdução

A construção de moléculas de DNA recombinante, ou seja, a ligação de segmentos específicos de moléculas de DNA de origens diferentes, é uma técnica que pôde ser desenvolvida graças à descoberta das enzimas de restrição ou endonucleases.

- O que são essas enzimas?

As enzimas de restrição foram descobertas e isoladas de inúmeras espécies de bactérias as quais têm a função de protegê-las de infecções virais. Os vírus bacterianos, ou fagos, ao invadirem o interior da bactéria, têm seu DNA cortado em sítios específicos, causando assim a restrição de seu ciclo de replicação que levaria à lise ou destruição da bactéria.

- Como funcionam as enzimas de restrição?

As enzimas de restrição são proteínas que têm a capacidade de reconhecer, na dupla hélice do DNA, sítios de clivagem, ou seja, seqüências específicas de 4 ou 6 bases. Uma vez reconhecido, é realizado um corte específico em cada ponto ou sítio em que as moléculas da enzima se ligam.

Esses sítios, além de estarem presentes no vírus, também existem no DNA de todos os outros organismos, inclusive na própria bactéria que produz a enzima. Para evitar que seu próprio DNA seja cortado e, portanto, tornado inativo na bactéria, esses sítios de restrição aparecem ligados a uma molécula do grupo metil ( $\text{CH}_3$ ) o que impede a ação da enzima.

Uma das características mais importantes dessas enzimas é a sua especificidade, ou seja, uma mesma molécula de DNA submetida à ação de uma enzima é sempre cortada nos mesmos pontos e gera um conjunto de fragmentos de mesmo tamanho. Essa característica permite uma análise relativamente grosseira, porém bastante efetiva do ponto de vista prático na identificação de diferentes moléculas de DNA, permitindo o diagnóstico de organismos contendo pequenas alterações nas bases do material genético. É óbvio que, quaisquer duas moléculas de DNA de mesmo tamanho, contendo os mesmos sítios de restrição nas mesmas posições, resultam em conjuntos de fragmentos de tamanho idêntico. Da mesma forma, porém, quaisquer alterações no DNA fora dos sítios digeridos pela enzima não são detectadas por esse método. Como esses sítios são relativamente raros (em geral bem menos de 1 por 1000 pares de bases - pb), moléculas diferentes podem apresentar o mesmo padrão de fragmentos ao serem cortadas com enzimas.

Como identificar os fragmentos cortados?

A separação de fragmentos de DNA de diferentes tamanhos pode ser feita através de um processo relativamente simples e rápido, a eletroforese em gel de agarose. Este gel representa, na verdade, uma “peneira”



## II. CONSTRUINDO UMA MOLÉCULA DE DNA RECOMBINANTE

### Introdução

Na prática anterior, um dos aspectos interessantes da ação de algumas endonucleases, como *EcoRI* e *PstI*, é que o sítio de restrição é composto por uma seqüência com simetria rotacional dupla, ou seja, ele apresenta a mesma leitura nos dois sentidos da cadeia. O corte, como visto nessas duas enzimas (nem todas têm essa característica) resulta em duas “caudas” de fita simples complementares. Estas caudas, chamadas “de pontas aderentes” ou “coesivas”, têm a capacidade de se ligar naturalmente a qualquer molécula cortada com a mesma enzima.

A consequência importante desse fenômeno é que, não importando a origem do DNA, moléculas cortadas com a mesma enzima têm a mesma chance de se ligar à sua própria molécula como à outra molécula presente. Assim, podem-se clivar (ou cortar) moléculas de DNA de duas espécies diferentes com uma mesma enzima e, colocando simplesmente as duas preparações no mesmo tubo, obter-se parte (50%) das moléculas resultantes na forma híbrida, ou seja, na forma de DNA recombinante. Uma outra enzima encontrada nas células, a DNA ligase, completa a ligação de forma estável, restabelecendo a molécula de fita dupla.

Um outro importante instrumento da técnica de DNA recombinante é uma molécula também encontrada em bactérias, o plasmídeo. Trata-se de uma molécula de DNA circular que contém genes não essenciais para a bactéria. Três características são importantes nessas moléculas:

- têm ciclo de replicação autônomo, podendo se replicar várias vezes sem que ocorra a divisão da bactéria.
- são capazes de passar de uma bactéria para outra naturalmente.
- são portadores de genes que conferem resistência a vários tipos de antibióticos.

Graças a estas características pode-se construir, por exemplo, um plasmídeo contendo um gene humano por meio do corte das duas moléculas com uma mesma endonuclease de restrição. Este plasmídeo é inserido numa bactéria e é capaz de se replicar, replicando junto o gene de interesse numa escala muito maior do que aquela que seria possível no organismo original.

Estes plasmídeos representam veículos de

transporte do DNA desejado para dentro da bactéria e são chamados “vetores”. Cada bactéria pode produzir até 500 cópias de um plasmídeo e, num litro de cultura de bactéria, pode-se multiplicar, em questão de poucos dias, 250 trilhões de vetores contendo o mesmo número de cópias do gene. Estes genes podem se expressar e sintetizar a proteína na bactéria hospedeira do vetor.

Esta possibilidade tornou-se uma nova fronteira tecnológica. Esta metodologia pode ser utilizada desde a produção de insulina humana e hormônio de crescimento até a terapia gênica, numa gama de processos, nunca antes imaginada, de ficção científica transformada em realidade.

### Atividade

Para uma compreensão clara das bases do processo, esta atividade propõe a simulação deste mecanismo de construção de um vetor representado por um plasmídeo bacteriano contendo um gene humano que codifica a insulina.

1. Na Figura 4, o plasmídeo pBR 322 está representado por uma seqüência de pontos indicando as bases do DNA. Com uma tesoura, corte a fita rente aos asteriscos de modo que se tenha uma fita de papel contendo duas colunas de pontos delimitados por duas colunas de asteriscos.

2. O plasmídeo é uma molécula circular, assim, deixe, numa das pontas da fita a parte em branco do papel e cole no verso desta. O resultado é um círculo com a seqüência de bases representada por pontos. Dentro dela a representação da seqüência do sítio *PstI*.

3. Corte, da mesma maneira, a fita representando o fragmento do genoma humano. Corte rente às duas linhas externas, mantendo-as na fita, já que elas identificam a seqüência do gene humano e a diferenciam da seqüência do plasmídeo com a borda de asteriscos (além da cor vermelha). Tem-se então, temos uma seqüência que contém no seu interior uma região que corresponde ao gene da insulina. Este gene encontra-se cercado por outras bases diversas, mas, de cada um dos lados, encontram-se duas seqüências específicas que representam sítios da enzima *PstI*.

4. Utilize uma tesoura contendo uma etiqueta “*PstI*-ctgca/g” e simule a digestão das duas moléculas de DNA cortando como indicado:

```
.....ctgca      g.....
.....g          acgtc.....
```

5. Verifique, em seguida, se o gene da insulina encontra-se isolado com pontas adesivas livres e o círculo do plasmídeo encontra-se aberto com pontas adesivas idênticas e igualmente livres. Coloque as duas fitas próximas (como estariam em solução, dentro de um tubo) e verifique se o pareamento destas pontas é possível. Ao colocá-las pareadas, forma-se um círculo maior do que aquele plasmídeo original que nesta situação, contém DNA do plasmídeo (asteriscos) e o DNA humano (linha contínua e vermelha).

6. Adicione ao seu “tubo” a enzima ligase representada por dois pedaços pequenos de fita adesiva e cole a cadeia no sítio *PstI*, reparando a molécula cortada. Tem-se um plasmídeo composto por DNA recombinante bacteriano e humano, capaz de ser inserido numa bactéria para sintetizar insulina.

### **Bibliografia**

- Farah, S.B. 1997. **DNA Segredos & Mistérios**. Ed. Sarvier. p. 276.

-Griffits A.J.F., Miler J.H., Suzuki, D.T., Lewontin R.C, Gelbart W.M. 1996. **Introdução a Genética**. 6<sup>a</sup> edição. W.H. Freeman and Company, NY.p.916.

**Figura 1.** Corte com *EcoRI* (g.aattc) e *PstI* (ctgca.g)

I. Cortar com *EcoRI*

---

atgctgccctgcacctgactcctgagg**gaattc**gagaagctgcagctgccgttactgccgtgtgggcaaggtggtgaacgtggatgaa  
tacggacggcacgtggactgaggactcct**taagctcttcgacgtc**agacgggcaatgacggcacacccccgttccaccacttgcacctactt

---

II. Cortar com *PstI*

---

atgctgccctgcacctgactcctgagg**gaattc**gagaagctgcagctgccgttactgccgtgtgggcaaggtggtgaacgtggatgaa  
tacggacggcacgtggactgaggactcct**taagctcttcgacgtc**agacgggcaatgacggcacacccccgttccaccacttgcacctactt

---

III. Cortar com *EcoRI* e *PstI* (dupla digestão)

---

atgctgccctgcacctgactcctgagg**gaattc**gagaagctgcagctgccgttactgccgtgtgggcaaggtggtgaacgtggatgaa  
tacggacggcacgtggactgaggactcct**taagctcttcgacgtc**agacgggcaatgacggcacacccccgttccaccacttgcacctactt

---

**Figura 2.** Fragmentos A & B de *EcoRI* e *PstI*

.....  
*EcoRI* - Gel nº 1

(-) cátodo

cole o fragmento de restrição aqui

\_\_\_\_\_ A

cole o fragmento de restrição aqui

\_\_\_\_\_ B

(+) ânodo

.....

.....  
*PstI* - Gel nº 2

(-) cátodo

cole o fragmento de restrição aqui

\_\_\_\_\_ A

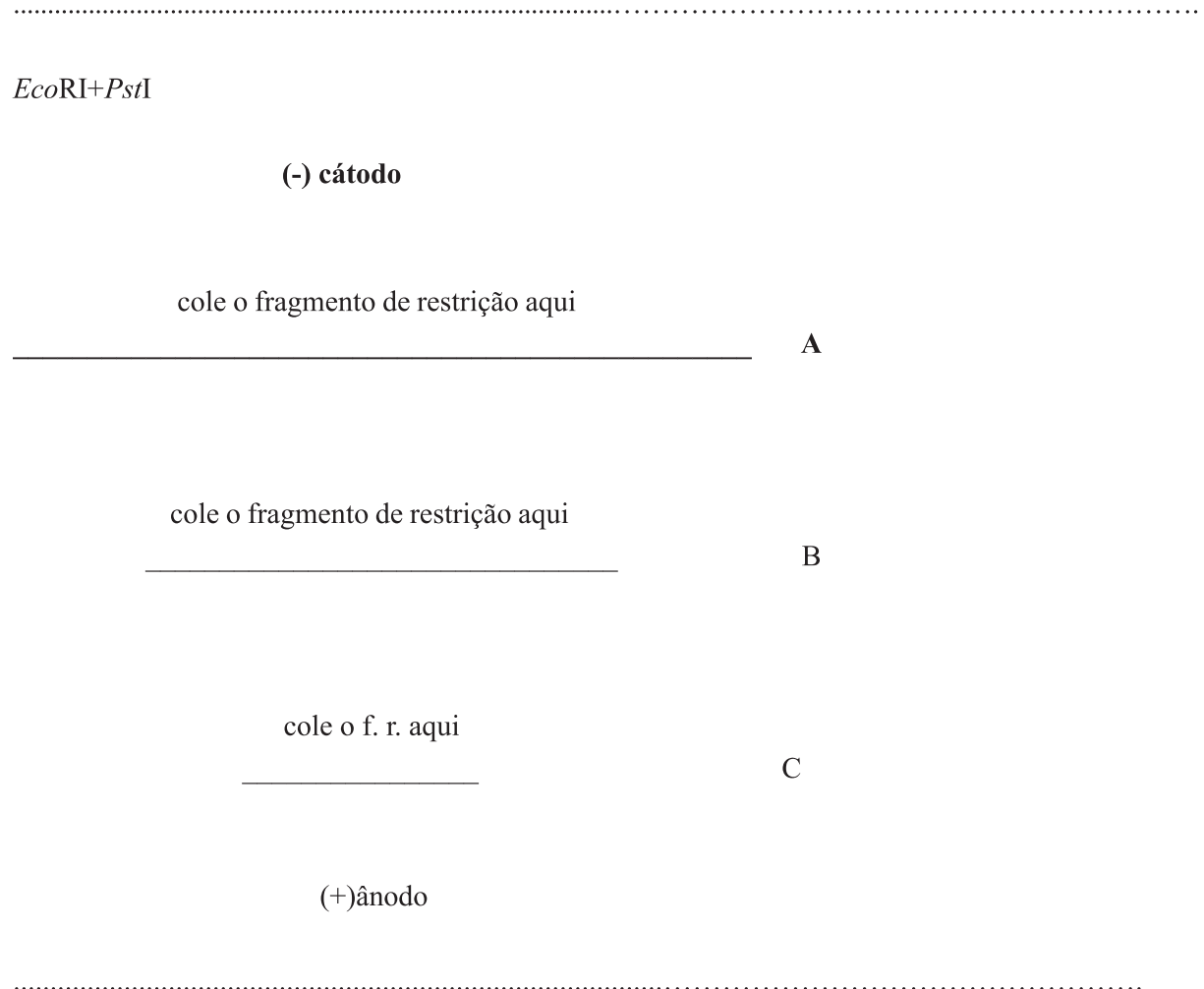
cole o fragmento de restrição aqui

\_\_\_\_\_ B

(+) ânodo

.....

**Figura 3.** Fragmentos da digestão dupla com *EcoRI* e *PstI*.



**Figura 4.** Construindo uma molécula de DNA recombinante. Cortar as fitas e cortar com *Pst*I (vide texto).

Plasmídeo pBR 322 (4.362 pb)

```
*****  
..... aaactgcagttt .....  
..... tttagctcaaa .....  
*****
```

Fragmento de genoma humano (cromossomo 11 humano)

---

```
.....ctgcag.....Gene da insulina...ctgcag.....  
.....gacgtc.....humana.....gacgtc.....
```

---



This document was created with Win2PDF available at <http://www.win2pdf.com>.  
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.  
This page will not be added after purchasing Win2PDF.