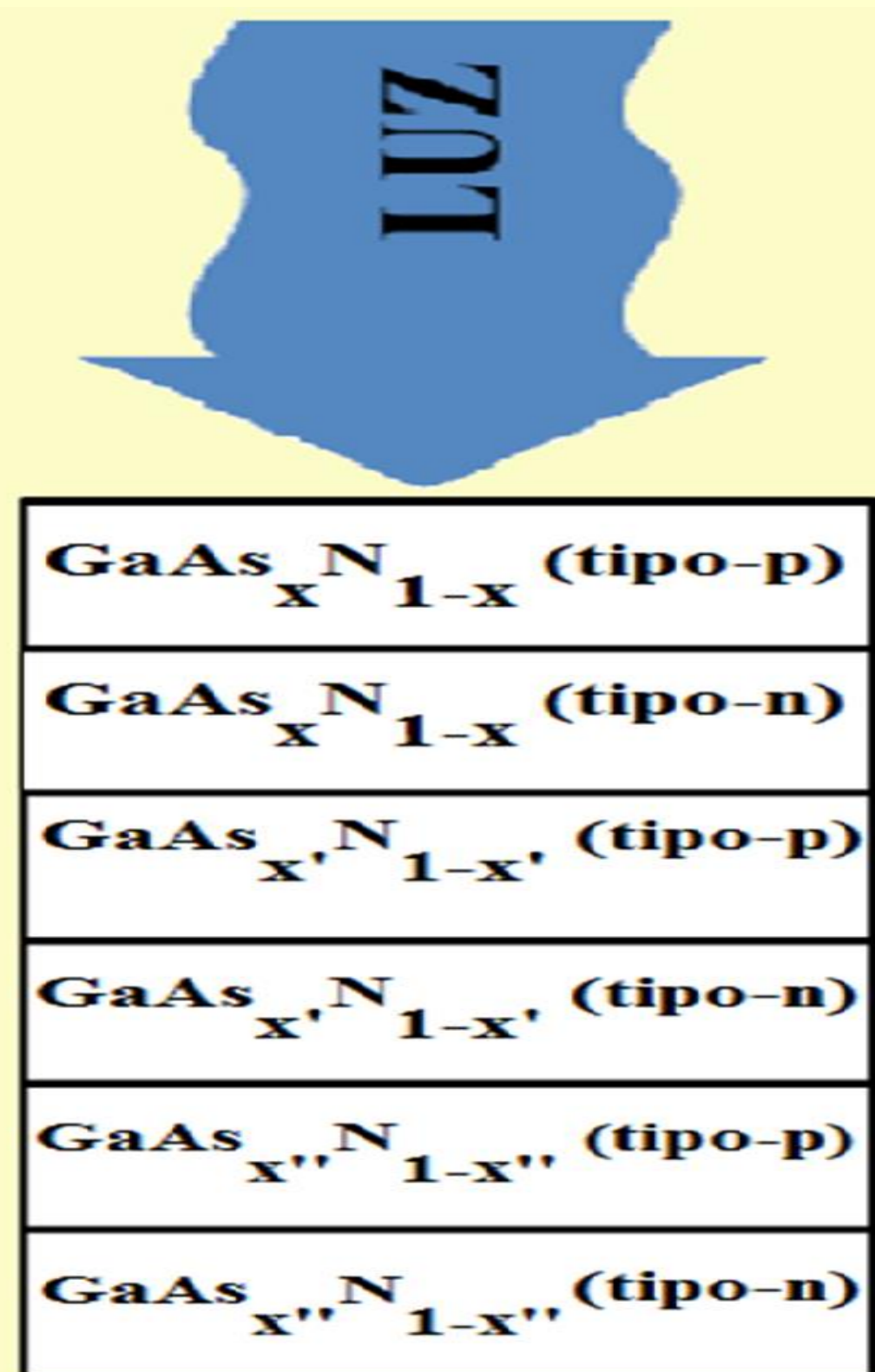


## INTRODUÇÃO

Ligas amorfas de GaAs<sub>1-x</sub>N<sub>x</sub> são materiais promissores para a fabricação de células solares multi-junção [1] devido à possibilidade de alcançarem maior eficiência para a conversão de energia solar em potencial fotovoltaico comparada à do Silício.



O GaAs<sub>1-x</sub>N<sub>x</sub> apresenta uma grande variação para a energia de seu gap de banda ( $E_g$ ) [2] de acordo com a variação de  $x$ , desse modo uma célula solar multicamadas de GaAs<sub>1-x</sub>N<sub>x</sub> com diferentes concentrações em  $x$  pode cobrir boa parte do espectro solar. A Fig.1 ao lado ilustra uma construção utilizada em células solares multi-junção. Camadas alternadas de GaAs<sub>1-x</sub>N<sub>x</sub> formando junções p-n e com valores distintos de  $x$  poderiam ser empregadas caso se viabilize uma dopagem tipo-p nestes materiais.

No entanto, um desafio tecnológico importante a ser superado nestas ligas é a dificuldade em se obter uma dopagem **tipo-p**. Estes amorfos apresentam intrinsecamente condução **tipo-n**.

Figura 1: Esquema ilustrativo de um tipo de construção de uma célula solar multi-junção.

Recentemente foi demonstrado que uma dopagem com Mg de camadas GaAs<sub>1-x</sub>N<sub>x</sub> através da técnica de *Molecular Beam Epitaxy* (MBE) culmina em condução **tipo-p** no material [1]. Porém, medidas de Microscopia Eletrônica de Transmissão (TEM)(Figura 2) demonstram que a liga deixa de ser um amorfo puro e passa a apresentar ilhas cristalinas no meio da matriz amorfa.

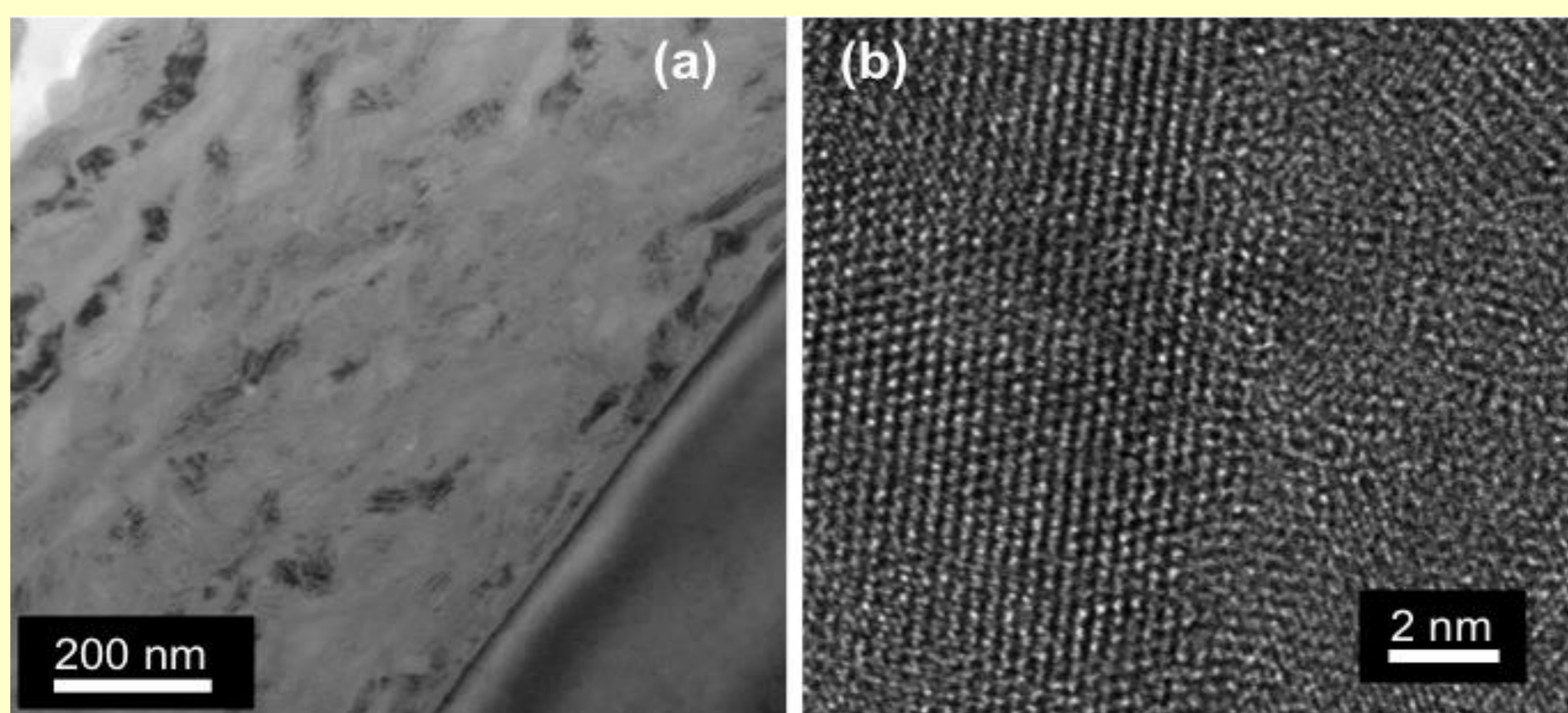


Figura 2 (extraída de [3]): TEM em vista transversal de um camada GaAs<sub>0,6</sub>N<sub>0,4</sub> dopada com 8 at% de Mg. (a) Imagem de menor magnificação demonstrando inclusões cristalinas (regiões escuras) na camada. (b) Microscopia de alta resolução (HRTEM) demonstrando que as regiões escuras de (a) apresentam um contraste cristalino.

## Objetivos

O presente trabalho envolve a dopagem de ligas de GaAs<sub>1-x</sub>N<sub>x</sub>, por implantação iônica de Mg. Espera-se que esse método de dopagem não ocasione a formação de regiões cristalinas. Assim investigaremos se a dopagem **tipo-p** é obtida na camada amorfa ou nas regiões cristalinas.

## PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Analizamos amostras com composições de Nitrogênio  $x \sim 0,4$

Com o auxílio do programa SRIM (The Stopping and Range of ions in Matter) [4], definiu-se as energias de implantação necessárias para se obter um nível constante de Mg implantado no GaAs<sub>1-x</sub>N<sub>x</sub>. Esse programa, dentro de um erro máximo de 10%, simula o processo de Implantação Iônica e permite que se encontre a profundidade média e a dispersão do íon implantado. A simulação adota a energia cinética dos íons implantados, as características físicas e composicionais da amostra como parâmetro de entrada.

Encontrou-se que duas implantações de Mg consecutivas com energias de 80 e 200 keV são suficientes para cobrir toda a camada (Fig. 3). Fluências de implantação de  $5 \times 10^{15}$  e  $1 \times 10^{16}$  Mg/cm<sup>2</sup> respectivamente, resultam em uma concentração uniforme de Mg a um nível de 1at.% em todo o material.

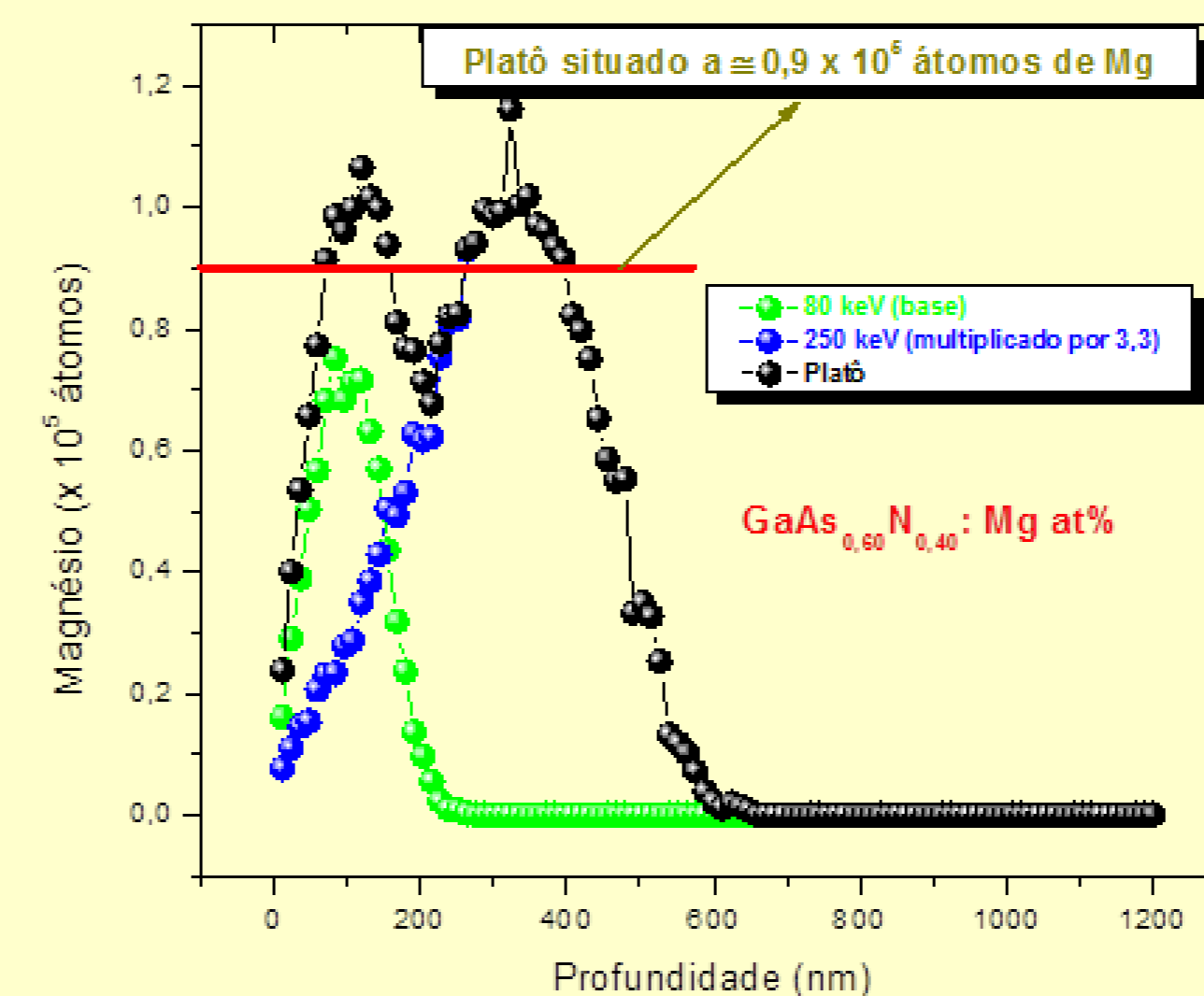


Figura 3: Perfil em profundidade da concentração de Mg.

## Resultados

Para determinar o tipo de portador majoritário da amostra, se **tipo-p** ou **n**, foram realizadas medidas Seebeck. Esta consiste em se produzir um gradiente de temperatura às amostras. Esse gradiente pode produzir uma diferença de potencial (d.d.p) mensurável entre as regiões à distintas temperaturas. Amostras **tipo-p** ou **n** resultam em sinais de d.d.p. opostos.

Definição do Coeficiente Seebeck  $S$ , cujo sinal caracteriza o tipo de portador majoritário da amostra, **p** ou **n**:

$$S = - \frac{dV_{term}}{dT} = - \frac{\Delta V_{term}}{\Delta T}$$

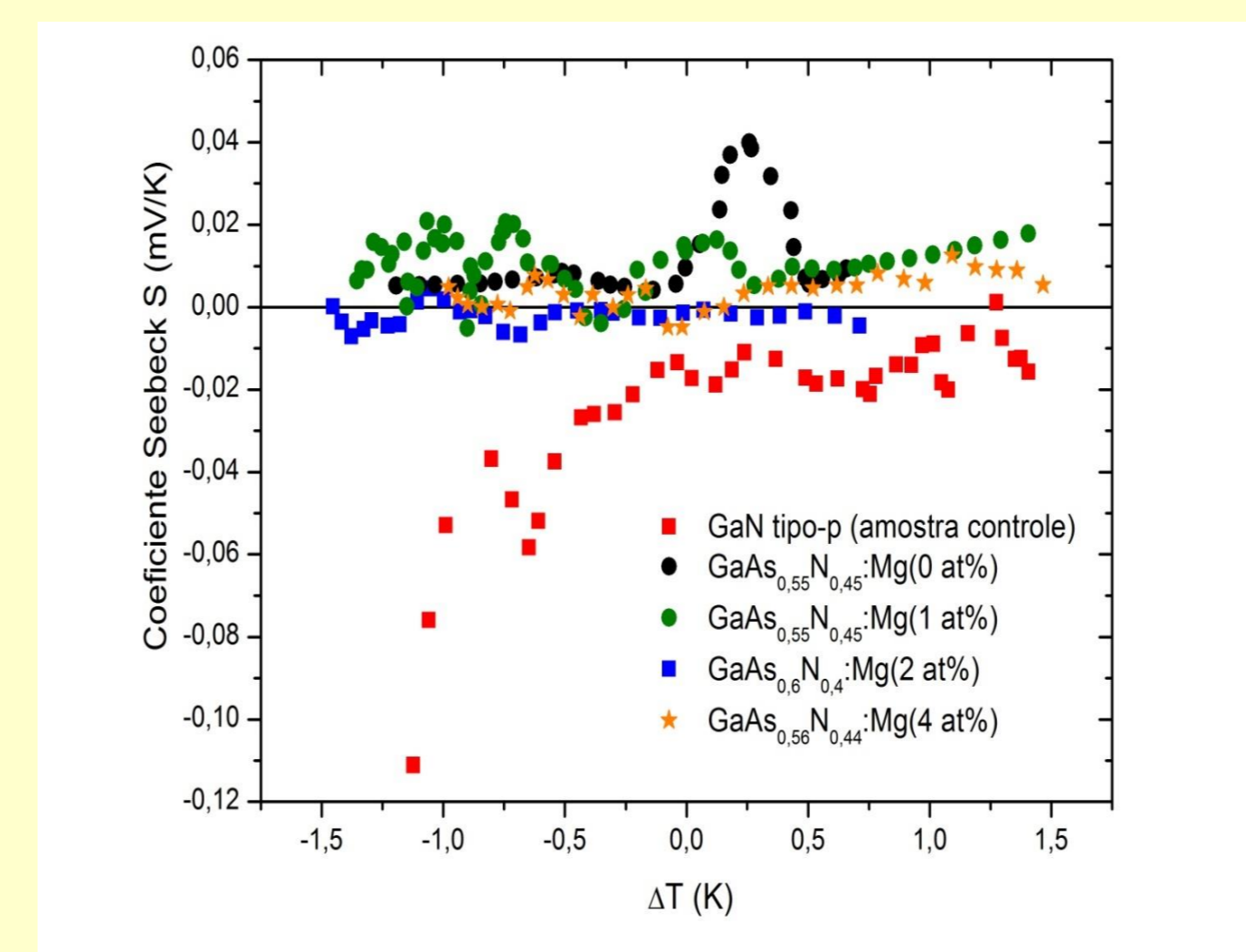


Figura 4

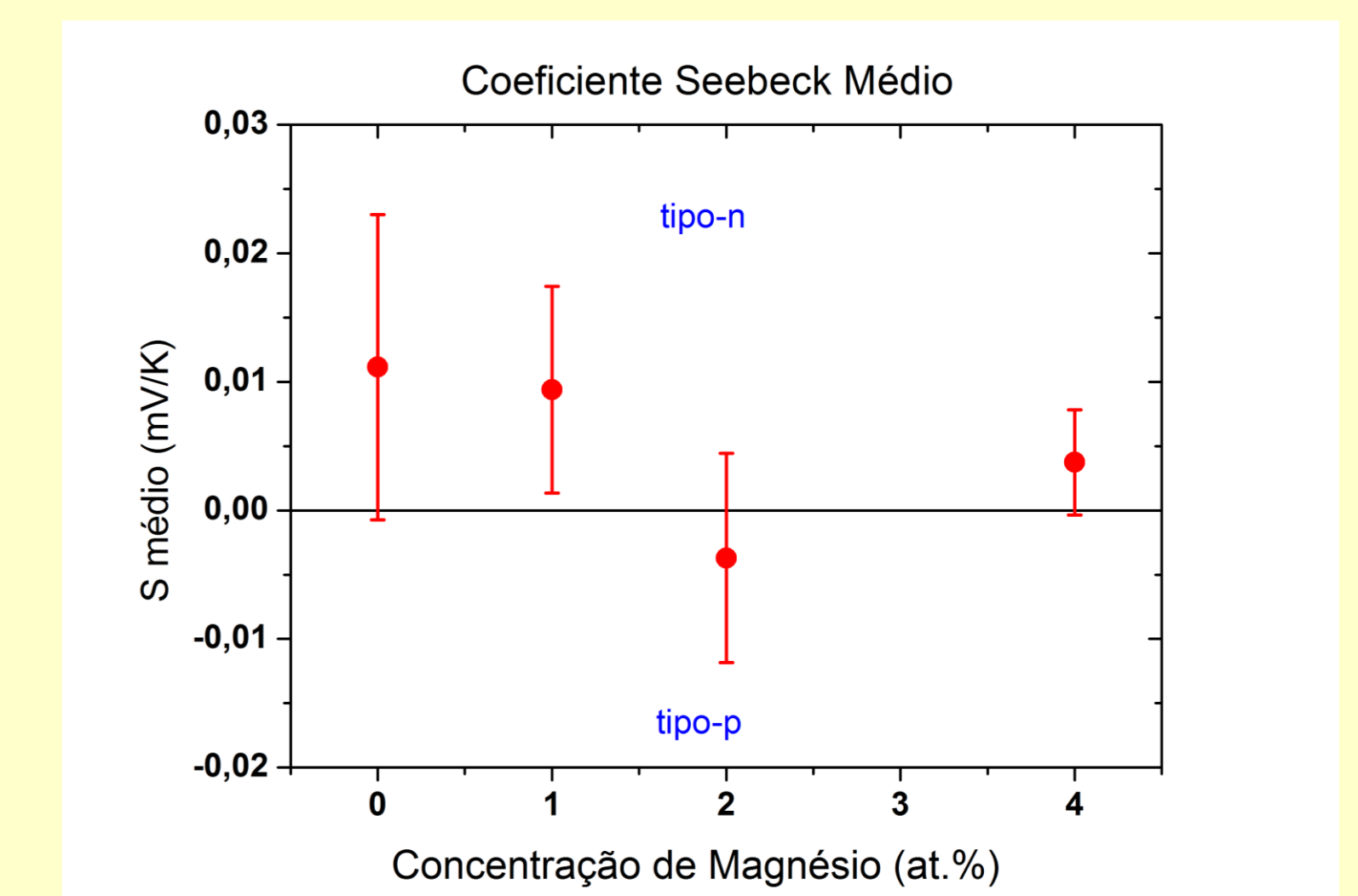


Figura 5

## CONCLUSÕES

O estudo encontra-se em seu início e os resultados apresentados nas Figs. 4 e 5 ainda são preliminares. No entanto, apresentam um indicativo de que a amostra com 2 at% de Mg seria **tipo-p**.

Estas amostras precisam ainda ser analisadas por TEM. Se TEM não demonstrar a presença de ilhas cristalinas, conforme observado na Figura 1, estamos indo na direção de que as ilhas são requeridas para uma dopagem **tipo-p** mais eficiente.

## REFERENCIAS

- [1] Z. Liliental-Weber, R. L. Maltez, J. Xie, H. Morkoc, J. Cryst. Growth, 310, (2008) 3917.
- [2] A. X. Levander, S. V. Novikov, Z. Liliental-Weber, R. dos Reis, O. D. Dubon, J. Wu, C. T. Foxon, K. M. Yu, W. Walukiewics, J. Appl. Phys. 110, 093702 (2011).
- [3] REIS, R. M. S. Estudo das Camadas Superficiais de SiC e GaAsN Sintetizadas por Implantação Iônica em Si e GaAs. Porto Alegre. Tese de Doutorado - Universidade Federal do Rio Grande do sul: UFRGS, 2009.
- [4] ZIEGLER, J. F., BIRSACK, J. P. and LITTMARK, U. *The Stopping and Range of Ions in Solids*. Oxford: Pergamon, 1985. v. 1.